

ВНУТРЕННИЙ ПРЕДИКТОР СССР

ОСНОВЫ СОЦИОЛОГИИ

*Постановочные материалы учебного курса:
тематика и основное содержание лекций*

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>Лекции 8 — 10. Достаточно общая теория управления (в кратком изложении)</i>	<i>2</i>
1. Управление как таковое и достаточно общая теория управления	2
2. Задачи теории управления	4
3. Полная функция управления	4
4. Устойчивость в смысле предсказуемости	7
5. Вектора: целей, состояния, ошибки управления, их соотношение	11
6. Качество управления и оптимальность	14
7. Замкнутые системы и схемы управления	15
8. Способы управления: структурный, в суперсистемах — бесструктурный и на основе виртуальных структур	21
9. Балансировочные режимы и манёвры	24
10. Понятие о теориях подобия	26
11. «Информационная безопасность» — устойчивость управления под воздействием целенаправленно создаваемых помех	28
12. Метод динамического программирования: как таковой, его символизм и вхождение в практику управления	29

Часть 2.

Достаточно общая теория управления (ДОТУ)

Лекции 8 — 10. Достаточно общая теория управления (в кратком изложении¹)

Управление как таковое и достаточно общая теория управления. Задачи теории управления. Полная функция управления. Устойчивость в смысле предсказуемости. Вектора: целей, состояния, ошибки управления, их соотношение. Качество управления и оптимальность. Замкнутые системы и схемы управления. Способы управления: структурный, в суперсистемах — бесструктурный и на основе виртуальных структур. Балансировочные режимы и манёвры. Понятие о теориях подобия. «Информационная безопасность» — устойчивость управления под воздействием целенаправленно создаваемых помех. Метод динамического программирования: как таковой, его символизм и вхождение в практику управления.

1. Управление как таковое и достаточно общая теория управления

Люди постоянно занимаются управлением, хотя не всегда то, что они делают, осознаётся ими в таковом качестве и именуется этим словом, поскольку все виды деятельности имеют свои специфические названия. Однако при этом ни один из видов деятельности не перестаёт быть процессом управления. Соответственно такому взгляду, не вдаваясь в конкретику всех специфических видов деятельности, понятие «управление» по его существу в самом общем смысле можно определить так:

Управление это — целеполагание и достижение избранных целей в практической деятельности.

Также отметим, что данное выше определение явления «управление» связано с определением явления «воля» в психике индивида, которое было дано в разделе 3 лекции 5:

Воля как жизненное явление представляет собой способность индивида подчинять себя самого и течение событий вокруг себя осуществлению осознанной им целесообразности.

То есть за терминами «управление» и «воля» стоят близкие по своему существу явления, а сами термины — в Русском языке являются однокоренными словами. Последнее ясно, если вспомнить о наличии в Русском языке так называемых «выпадающих гласных», которые в одних грамматических формах наличествуют, а в других отсутствуют: слово «управление» — сокращённое за счёт «выпадения гласной» «упра-воление», о чём многие не догадываются, хотя об этом не следует забывать... Кроме того, оно понятийно связано со смыслом таких слов, как «Правь» (одна из категорий древнеславянского миропонимания в системе «Правь — Явь — Навь»), «право», «правление».

На основе данного выше определения можно пояснять различные аспекты управления как объективного процесса либо вообще, либо в той или иной конкретике реализации управления, доходя до любой степени детализации. И в зависимости от того, как это делается, получается та или иная версия теории управления.

Предлагаемая для изучения в составе курса «Основы социологии» достаточно общая теория управления (ДОТУ) представляет собой выражение *описательного метода познания*. Всё экспериментально-доказательное в управлении начинается не на уровне изложения

¹ Развёрнутая версия изложения ДОТУ представлена в постановочных материалах учебного курса «Достаточно общая теория управления» факультета прикладной математики — процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета, а также в работе «Мёртвая вода». В предлагаемом вниманию кратком изложении:

- опущена часть пояснений;
- не обсуждается модель интеллекта на основе триединства материи-информации-меры;
- не рассматривается соотношение манёвров и теории катастроф;
- не рассматриваются процессы внедрения суперсистемы в среду, её развёртывание и освоение потенциала.

ДОТУ, а на уровне математической формализации процессов управления и в решении реальных управленческих задач разного рода.

Вследствие этого к ДОТУ надо относиться аналогично тому, как относятся к *изложению* *некой аксиоматики* — оно может быть более или менее удачным, но объективная суть предлагаемых аксиом, т.е. объективных явлений, которые стоят за формулировками, не изменяется в зависимости от качества формулировок: если сами по себе (как «вещь в себе») аксиомы истинны, то адекватность формулировок подтверждается практически в деятельности; если формулировки неточны или ошибочны, то практика обнажит их несостоятельность в решении тех или иных задач вследствие объективности Меры — матрицы возможных состояний материи и путей перехода из одного состояния в другие.

Достаточно часто задают вопрос: Почему избрано название «*достаточно общая* теория управления», а не просто «теория управления» или «общая теория управления»?

Ответ на него состоит в следующем:

Теорий, имеющих в своём названии словосочетание «теория управления», — много, но среди них (по крайней мере, среди широко распространённых и доступных для освоения) к моменту начала разработки ДОТУ в 1991 г. не было ни одной, понятийный аппарат которой обладал бы качествами полноты и взаимосвязности, которые необходимы для того, чтобы с помощью одного и того же понятийного аппарата можно было бы описывать любые процессы управления, а также интерпретировать в качестве процессов управления или самоуправления любые природные и социальные процессы.

В ДОТУ понятийный аппарат, обладающий универсальностью его применения на основе качеств полноты набора и взаимосвязности входящих в его состав понятий, был предложен, по какой причине в названии теории управления появился эпитет «общая».

Однако, если выяснится, что для описания каких-то процессов управления предложенный понятийный аппарат не достаточен, то тем самым откроется возможность к дальнейшему развитию понимания процессов управления и созданию более общей версии достаточно общей теории управления. Соответственно к эпитету «общая» в названии теории было добавлено уточнение «достаточно», подразумевающее как достаточность теории для работы с той проблематикой, с которой столкнулись её разработчики, так и ограниченность понимания жизни всяким индивидом, что обязывает его *не быть невольником тех или иных формулировок (о чём речь шла в разделе II объединённых лекций 6 и 7)*, поскольку в противном случае он *утратит свободу диалектического познания и может стать жертвой несоответствия формулировок конкретике ситуации (или же «подставить» других)*.

Одно из выражений качества взаимосвязности понятийного аппарата ДОТУ состоит в том, что не представляется возможным изложить ДОТУ так, чтобы все вновь вводимые в рассмотрение понятия строились на основе ранее введённых понятий. Т.е. в ряде случаев, вводя в рассмотрение то или иное понятие, приходится опираться на те понятия, которые обстоятельно будут истолкованы позднее, предполагая, что в некотором смысле, достаточном для первого приближения в понимании вводимых в рассмотрение терминов, они уже понятны читателю.

Практически это означает следующее:

1. ДОТУ сначала надо «загрузить» в психику в её полноте и целостности на основе *первичного интуитивного житейски-повседневного понимания ещё не введённых определений терминов*.
2. Потом переосмыслить всё во взаимосвязи компонент понятийного аппарата самой ДОТУ и её связей с жизнью в соответствии со всею совокупностью введённых в ней терминов.
3. И только после этого ею можно будет пользоваться в разрешении тех или проблем и в решении разного рода житейских задач.

Прерывание процесса освоения ДОТУ на любом из этих шагов представляет собой фактически выход из процесса освоения ДОТУ до его завершения.

Управление всегда — выражение субъективизма, но оно возможно только в отношении объективно существующих процессов и объективно осуществимых проектов. Если субъект-управленец оказывается во власти иллюзии существования объекта (процесса) которым он претендует управлять, или во власти иллюзии объективной осуществимости проекта, то его разочарование будет вполне реальным, а возможно — весьма жёстким...

Объективной основой управления является способность субъекта-управленца предвидеть поведение объекта управления под воздействием: внешней среды, собственных изменений объекта, управления. Реализация этой способности — ключ ко вхождению в управление: всё остальное — выражение этой способности в той или иной конкретике управления.

2. Задачи теории управления

В теории управления возможна постановка всего двух задач.

- **Первая задача:** мы хотим управлять объектом в процессе его функционирования сами непосредственно. Это *задача управления*.
- **Вторая задача:** мы не хотим управлять объектом в процессе его функционирования, но хотим, чтобы объект — *без нашего непосредственного соучастия в процессе* — самоуправлялся в приемлемом для нас режиме. Это *задача самоуправления*.

Различие задачи управления и задачи самоуправления заключается в том, что в задаче управления какие-то этапы полной функции управления и алгоритмику их реализации субъект-управленец берёт на себя, а в задаче самоуправления их же возлагает на систему управления объектом. Кроме того, в зависимости от того, какие этапы полной функции включаются, а какие исключаются из конкретного процесса управления, — задачи управления могут переходить в задачи самоуправления: например в технике — после того, как люди сделали всё, что необходимо на первом — четвёртом этапах полной функции управления, далее задача управления может быть преобразована в задачу самоуправления. Поэтому, когда различие задач управления и самоуправления не носит принципиального характера, то в ДОТУ используется термин «управление».

3. Полная функция управления

В границах ДОТУ предельно обобщающим понятием является понятие «полная функция управления». Это понятие по сути своей повторяет данное в разделе 1 настоящей лекции определение явления «управление», однако развёртывая его до большей детальности.

Полная функция управления — *как объективное явление* — представляет собой последовательность разнокачественных действий, в которой реализуется процесс управления во всей полноте выявленных возможностей и детальности.

Этапы полной функции управления представлены в Таблице 1 ниже. Столбец 1 — нумерация этапов полной функции. Столбец 2 — содержание каждого из этапов. Столбец 3 — параметры, которые необходимо контролировать в процессе управления по полной функции¹.

Таблица 1. Полная функция управления

№№ п.п.	Содержание этапов полной функции управления	Содержание контроля по этапам полной функции управления
1.	Выявление фактора среды, который «давит на психику»,	Выявлен реальный фактор либо в роль объективного фактора возведены выдуман-

¹ Столбец 3 необходим для выработки понимания того, что и как следует контролировать в процессе управления по полной функции, поэтому в начале изучения ДОТУ он может быть непонятен, так как предполагает владение понятийным аппаратом ДОТУ и её приложений. Если при начале изучения ДОТУ столбец 3 непонятен, то достаточно ограничиться столбцами 1 и 2, а к столбцу 3 следует вернуться позднее, когда мы будем рассматривать организацию процессов управления и вхождение в управление.

Лекции 8 — 10. Достаточно общая теория управления (в кратком изложении)

№№ п.п.	Содержание этапов полной функции управления	Содержание контроля по этапам полной функции управления
	<p>чем и вызывает потребность в управлении. <i>Управление по полной функции начинается именно с этого.</i></p>	<p>ный кем-то вздор либо иллюзия? — Управлять можно только объективно существующими процессами или объективно осуществимыми проектами.</p>
2.	<p>Формирование навыка (стереотипа) распознавания фактора среды на будущее и распространение его в культуре общества.</p>	<p>По существу это — вопросы метрологической состоятельности выявления фактора независимыми друг от друга наблюдателями. — Необходимо выявить и проанализировать перечень параметров, характеризующих наличие фактора, требующего управления, и определиться с метрологией в отношении каждого из параметров (посредством органов чувств либо приборно, либо и то, и другое).</p>
3.	<p>Целеполагание в отношении выявленного фактора. По своему существу целеполагание представляет собой формирование вектора целей управления в отношении данного фактора и внесение этого вектора целей в общий вектор целей субъекта-управленца. Целеполагание может включать в себя решение задачи об устойчивости частных целей и вектора целей в целом в смысле предсказуемости, хотя это может быть отнесено и к этапу 4 полной функции управления.</p>	<p>Анализ целей, метрологическая состоятельность каждой из них. Анализ структуры вектора целей на отсутствие в нём дефектов (взаимно исключающих друг друга целей, нарушения порядка следования целей по приоритетности, повторение одних и тех же целей на разных приоритетах и т.п.).</p>
4.	<p>Формирование генеральной концепции управления и частных концепций управления в отношении каждой из целей в составе вектора целей (т.е. целевых функций управления), составляющих в совокупности генеральную концепцию, на основе решения задачи об устойчивости в смысле предсказуемости поведения объекта (процесса) под воздействием: внешней среды, собственных изменений объекта, управления.</p>	<p>Решена ли и как решена задача прогностики в отношении воздействия выявленного в п. 1 фактора и возможностей достижения поставленных целей в отношении него. Есть ли генеральная концепция управления и как в неё включена частная концепция управления по целям, связанным с выявленным в п. 1 фактором.</p>

Основы социологии

№№ п.п.	Содержание этапов полной функции управления	Содержание контроля по этапам полной функции управления
5.	Организация новых или реорганизация существующих управляющих структур, несущих целевые функции управления.	В аспекте социальных приложений: <i>Управление проектами на практике</i> это — распределение персональной единоличной ответственности за разные этапы проекта между разными людьми, распределение между ними полномочий и разнородных ресурсов, необходимых для осуществления ими своих функций. Соответственно по существу речь должна идти о выявлении и рассмотрении состоятельности той сетевой модели, в которой выражается деятельность структуры, несущей частную концепцию управления в отношении фактора выявленного в п. 1.
6.	Контроль (наблюдение) за деятельностью структур в процессе управления, осуществляемого ими и координация взаимодействия разных структур.	В аспекте социальных приложений: Собственно говоря, это — контроль за осуществлением проекта на основе его сетевой модели и деятельностью структур и должностных лиц, возглавляющих каждую из них персонально.
7.	Ликвидация существующих структур в случае ненадобности либо поддержание их в работоспособном состоянии до следующего использования.	В аспекте социальных приложений: В случае ликвидации первый вопрос: кто получатель и хранитель результатов деятельности? и далее трудоустройство высвободившегося персонала и сбыт ставшего ненужным оборудования. В случае поддержания в работоспособном состоянии встают вопросы поддержания кадрового состава на должном профессиональном уровне, снабжение новым оборудованием.

Пункты « 1 » и « 7 » в полной функции управления всегда присутствуют. Промежуточные между ними можно объединить или представить ещё более детально, представив их как преемственную последовательность каких-то более мелких «этапов» соответственно потребностям.

Полная функция управления может осуществляться только в **интеллектуальной схеме управления**, которая предполагает **творчество системы управления** — субъекта управленца — как минимум в следующих областях: выявление факторов среды, вызывающих потребность в управлении; формирование векторов целей; формирование новых концепций управления; совершенствование методологии и навыков прогноза при решении вопроса об устойчивости в смысле предсказуемости при постановке задачи управления и (или) в процессе управления по схеме *предиктор-корректор (предуказатель-поправщик)*¹.

Соответственно овладение эффективной личностной культурой познания и творчества (чему были посвящены объединённые лекции 6 и 7) — объективная необходимость для управленца, если он не желает быть «зомби-автоматом», несущим возложенные на него извне некие функции в том или ином процессе управления.

¹ Значение этих терминов будет пояснено далее в разделе 7 настоящей лекции.

Если в реальном процессе управления какие-то этапы полной функции управления не проявляются, то это означает, что управление ведётся не по полной функции: т.е. некоторые этапы полной функции реализуются за пределами *процесса, управляемого не по полной функции*.

4. Устойчивость в смысле предсказуемости

Как было сказано ранее, *основой управления является способность субъекта-управленца предвидеть поведение объекта управления под воздействием: внешней среды, собственных изменений объекта, управления*. Это приводит к понятию:

Устойчивость в смысле *предсказуемости поведения объекта (процесса) в определённой мере под воздействием: внешней среды, собственных изменений объекта (процесса), управления*.

Как объективное явление — это свойство объекта управления (реального или потенциального) *в восприятии субъектом-управленцем (или претендентом в управленцы) самого объекта и его взаимоотношений со средой*.

Т.е. в явлении «устойчивость в смысле предсказуемости» сливаются воедино и объективность бытия объекта управления (либо объективная возможность осуществления проекта), и субъективность его восприятия конкретным индивидом. Как понятие это — ключевое понятие теории и практики управления.

Однако прежде, чем обсуждать эту специфическую разновидность устойчивости, необходимо рассмотреть сложившееся понимание устойчивости как объективного явления. В большинстве случаев в науке устойчивость определяется как способность объекта (процесса), на который оказывается возмущающее воздействие, выводящее его из некоего режима, в котором контрольные параметры объекта (процесса) неизменны, — *после снятия этого воздействия* — возвращаться к тому режиму, в котором он пребывал до оказания на него возмущающего воздействия. Это определение распространяется практически на все явления безотносительно к природе самих явлений.

Данному определению явления устойчивости сопутствует понятие «запас устойчивости». Оно основывается на том, что при превышении возмущающим воздействием некоторой величины, объект, устойчивый в указанном смысле при меньших значениях возмущающего воздействия, может утрачивать это свойство. Но запас устойчивости в каждом конкретном случае выражается своеобразно, и в каждом конкретном случае параметр, определяемый термином «запас устойчивости», должен быть метрологически состоятельным.

Примеры:

- Устойчивость — неустойчивость:
 - Сложенный из листа бумаги самолётик-стрела — аэродинамически устойчив (т.е. сам возвращается к углам своей ориентации относительно вектора скорости набегающего потока воздуха), благодаря чему летит, в общем-то, по предсказуемой плавной траектории: при некоторой сноровке им можно попасть в заранее намеченное место.
 - листья деревьев имеют иную форму и, опадая осенью с ветвей, иначе обтекаются потоком воздуха, летят по криволинейной ломано-прерывистой траектории и падают в непредсказуемое место (это хорошо видно в безветренное время).
- Запас устойчивости:
 - Бумажный самолётик-стрела, если его просто уронить, — вне зависимости от своей ориентации по отношению к вертикали — под воздействием возникающих на его поверхности аэродинамических сил прекращает падение, подобное падению листа, и начинает планировать — главное, чтобы хватило начальной высоты. Т.е. он аэродинамически устойчив во всём диапазоне возможных отклонений от режима устойчивого планирования, и с оговоркой о начальном запасе высоты его запас аэродинамической устойчивости неограничен.

В отличие от бумажного самолётика-стрелы, история авиации знает примеры реальных самолётов, аэродинамические компоновки которых оказывались таковы, что, если

в полёте угол атаки¹ (или крена) превысит некоторое критическое значение, то самолёт начнёт падать почти так, как падает осенний лист (это явление называется в авиации «плоский штопор»²).

Критический угол атаки, по превышении которого самолёт сваливается в плоский штопор либо в пикирование, для выхода из которых требуется управление³, — одна из возможных мер запаса устойчивости режима нормального полёта.

- При опрокидывании предмета, стоящего на твёрдой поверхности (например, табуретки), он теряет устойчивость, когда момент сил (тяжести и равнодействующей реакций опоры) изменяет свой знак, после чего момент названных сил начинает способствовать дальнейшему опрокидыванию предмета даже в случае исчезновения накренившей предмет силы. Одна из возможных мер запаса устойчивости в этом случае — механическая работа, которую необходимо совершить для того, чтобы привести предмет в положение, в котором момент сил тяжести и равнодействующей реакций опоры изменяет свой знак.

Однако в теории и практике управления применимость приведённого выше определения устойчивости носит ограниченный характер. Дело в том, что жизни встречаются объекты и процессы, которые сами по себе свойством устойчивости не обладают (т.е. обладают нулевым запасом устойчивости); либо их запас устойчивости настолько близок к нулю, что в практических задачах его можно считать нулевым, а сами объекты (процессы) — неустойчивыми, но при этом:

Организация *соответствующего* управления может придать устойчивость течению процессов, которые без управления (или при несоответствующем управлении) оказываются неустойчивыми.

Наиболее широко известным примером такого рода организации *соответствующего* управления, придающего устойчивость заведомо неустойчивому процессу, является вся история конструирования и строительства вертолётов одновинтовой схемы⁴. Хотя практически все видели такие вертолёты хотя бы в кино, но большинство не задумывается и не знает, что обеспечивает возможность полёта такого вертолёта.

¹ Если не вдаваться в рассмотрение профиля крыла, его характеристических точек и линий, то угол атаки это — угол в продольной плоскости симметрии самолёта между проекцией на неё вектора скорости набегающего потока и следом на неё «плоскости» крыла; либо ещё примитивнее — угол наклона «плоскости» крыла по отношению к вектору скорости набегающего потока.

² Причём из режима падения в плоском штопоре далеко не всякий самолёт способен выйти за счёт средств нормального управления. Для того, чтобы такой самолёт можно было вывести из плоского штопора, на нём необходимо устанавливать специальные устройства — например специальные парашюты, которые подтормаживая хвост, переводят самолёт из плоского штопора в режим пикирования, в котором восстанавливается нормальная управляемость самолёта, после чего противоштопорный парашют сбрасывается.

Сваливание в плоский штопор вследствие ошибок пилотирования — причина гибели нескольких авиалайнеров Ту-154 со всеми находившимися на их борту (последний случай — 22 августа 2006 г. под Донецком). Эта особенность Ту-154 была известна ещё на стадии проектирования, по какой причине опытные экземпляры, проходившие испытания, были снабжены противоштопорными парашютами. Однако с целью увеличения весовой отдачи и экономичности лайнера их не стали устанавливать на серийные самолёты, предполагая, что квалифицированные лётчики не будут допускать полётов на углах атаки, близких к критическим.

³ Если управление не требуется, то реальный самолёт по своим аэродинамическим характеристикам аналогичен бумажному самолётику-стреле. Так советский истребитель Як-3 (времен Великой Отечественной войны), если срывался в пикирование из-за превышения критического угла атаки, набрав в пикировании скорость, сам выходил из него.

⁴ Вертолёт одновинтовой схемы имеет:

- один несущий винт, который вращается вокруг вертикальной оси и создаёт подъёмную силу и силу тяги в направлении полёта;
- один рулевой винт, расположенный на хвостовой балке, который вращается вокруг горизонтальной оси, перпендикулярной диаметру несущего винта — он предназначен для компенсации реактивного момента от вращения несущего винта и тем самым — для предотвращения вращения фюзеляжа вертолёта в направлении противоположном направлению вращения несущего винта, а также для изменения ориентации вертолёта по курсу.

Дело в том, что, если вращающийся винт перемещается в направлении, перпендикулярном оси своего вращения, то воздушный поток с разными скоростями набегаёт на лопасти винта. Вследствие этого на лопастях винта (если углы атаки лопастей одинаковые) возникают разные по величине аэродинамические силы, которые порождают кренящий момент. По этой причине вертолёт с таким несущим винтом во время полёта обречён завалиться на один из бортов и после этого, потеряв подъёмную силу, «упасть камнем»; практически же он вообще оказался бы не способен взлететь. В терминах теории управления это означает, что желательный режим функционирования устройства объективно неустойчив.

Для того чтобы вертолёт одновинтовой схемы мог летать, требуется обнулить кренящий момент. Наиболее эффективный способ достичь этого — изменять угол атаки лопастей несущего винта в процессе его вращения так, чтобы лопасть, перемещающаяся в направлении полёта, имела меньший угол атаки, нежели лопасть, перемещающаяся в направлении, обратном направлению полёта: в этом случае там, где скорость набегающего на лопасть потока выше, — угол атаки лопасти ниже и возникает подъёмная сила меньшей величины; а там, где скорость набегающего на лопасть потока ниже, — угол атаки лопасти выше и возникает подъёмная сила большей величины; вследствие этого при определённом соотношении углов атаки при прохождении лопастями несущего винта разных секторов ометаемого ими круга — можно управлять величиной кренящего момента и направлением его действия (последнее позволяет вертолёту лететь вперёд или боком, зависать на месте и т.п.).

Задача управления углами атаки лопастей при вращении несущего винта вертолёта была решена инженером Борисом Николаевичем Юрьевым (1889 — 1957). В 1911 г. он опубликовал статью, в которой описал схему одновинтового вертолёта с рулевым винтом и автоматом перекоса лопастей несущего винта. Изобретение им *«автомата перекоса» — устройства, обеспечивающего управление изменением угла атаки лопастей несущего винта при его вращении,* — открыло пути к тому, что вертолёт одновинтовой схемы с управляющим винтом на хвостовой балке стал реальностью. И ныне именно эта схема вертолёта получила наиболее широкое распространение благодаря своей простоте, надёжности и превосходству по весовой отдаче¹ в сопоставлении её с другими схемами.

Есть и другие примеры, когда организация *соответствующего* управления придаёт устойчивость процессу, объективно неустойчивому в отсутствие управления или неустойчивому при не соответствующем управлении.

Приведённый пример показывает, что явление «устойчивость» в традиционном понимании этого термина — частный случай более общего явления: **устойчивости в смысле предсказуемости поведения объекта в определённой мере под воздействием внешней среды, собственных изменений объекта, управления,** — поскольку в основе организации такого рода *соответствующего* управления неустойчивыми процессами (объектами) лежит именно решение задачи о предсказуемости поведения объекта в указанном смысле.

Этот термин, определяющий явление «устойчивость в смысле предсказуемости...», многословен, однако в нём нет «лишних слов».

Примеры к пониманию разных аспектов этого явления во множестве даёт авиация:

- Так посадка самолёта на аэродром с полосой длиной 2 километра и шириной 100 метров в безветрие при ясной видимости — это одни требования к квалификации лётчика; а посадка того же самолёта при сильном боковом порывистом ветре, на тот же аэродром ночью в ливень или в снегопад — требования к квалификации лётчика совсем иного порядка.

Это пример субъективной обусловленности явления устойчивости по предсказуемости квалификацией лётчиков.

Но он же — пример обусловленности явления устойчивости по предсказуемости самим объектом, поскольку разные типы самолётов по-разному чувствительны к погодным условиям при выполнении взлёта и посадки и обладают разными характеристиками

¹ Весовая отдача — отношение массы полезной нагрузки к полной массе летательного аппарата.

управляемости, по какой причине каждый тип самолёта требует переподготовки в общем-то квалифицированных лётчиков.

- Полёты на рекордную дальность в 1920 — 1930-е гг. — пример об обусловленности устойчивости по предсказуемости внешней средой. Их результаты во многом были обусловлены погодой, поскольку, если ветер попутный — экономия топлива — можно улететь дальше. Но если вместо ожидаемых по прогнозу благоприятных для установления рекорда погодных условий возникает встречный шторм (а скорость ветра в нём того же порядка, что и скорости самолётов тех лет) и плюс к нему обледенение, то повышенный расход топлива неизбежен, — может не состояться не только рекорд, но возможно, что придётся сажать самолёт на брюхо в поле, на лес или в море.

Однако если полёт — обычный полёт в системе функционирования воздушного транспорта, то точность всевозможных прогнозов погоды может быть существенно ниже, поскольку дальность перелёта задаётся гарантированно в пределах запаса топлива с учётом возможностей повышенного расхода топлива при встречном ветре, необходимости ухода на запасной аэродром, ожидания в воздухе очереди на посадку и т.п.

Но этот пример не только об обусловленности устойчивости по предсказуемости внешней средой, но и об обусловленности *определённой меры точности прогноза* самой задачей: полёт на рекордную дальность либо обычный полёт в пределах развитой аэродромной сети.

- Самолёт управляем на основе того, что его поведение предсказуемо для лётчика. Зимой 1941 г. в период битвы за Москву стояли очень сильные морозы. В этот период произошла серия катастроф советских бомбардировщиков СБ. Все эти катастрофы произошли по одному сценарию: самолёты с *полной бомбовой нагрузкой (безопасность подъёма которой была установлена и на испытаниях, и в ходе эксплуатации на протяжении 7 лет)* рано утром уходили на старт, разбежались, отрывались от земли и, набрав не более 50 метров высоты, падали камнем. Спустя несколько часов, днём такие же самолёты с аналогичной бомбовой нагрузкой благополучно взлетали и уходили на задания, как и самолёты, вылетавшие с других аэродромов.

Анализ обстоятельств катастроф показал, что все погибшие самолёты базировались на полевые аэродромы и в период ночного понижения температуры покрывались так называемым *игольчатым инеем (в нём кристаллики льда стоят перпендикулярно поверхности, на которой выпал иней)*. Перед вылетами иней с самолётов никто не счищал...

После выяснения этого обстоятельства в Центральном аэро-гидродинамическом институте были проведены продувки в аэродинамических трубах, которые показали, что иголки инея настолько ухудшали аэродинамическое качество¹ самолёта, что по выходе из зоны, в которой влияния поверхности земли увеличивало подъёмную силу², подъёмная сила резко уменьшалась и оказывалась недостаточной для того, чтобы самолёт мог держаться в воздухе.

Это — пример потери устойчивости по предсказуемости поведения самим объектом управления, хотя и вызванной последствиями воздействия на него внешней среды. Упомянутая ранее гибель первого советского реактивного самолёта Би-1 — тоже результат потери устойчивости в смысле предсказуемости поведения вследствие особенностей конструкции Би-1, общего уровня развития аэродинамики в те годы и неадекватности организации работ по проектированию принципиально новой техники.

Практика — критерий истины, и в данном случае:

Объекты (процессы) управляемы только в том диапазоне параметров, характеризующих объективность объекта и среды и субъективность управленца, в котором объекты (процес-

¹ Аэродинамическое качество — отношение подъёмной силы к силе аэродинамического сопротивления.

² Так называемый «экраный эффект» увеличение аэродинамического качества при движении крыла вблизи поверхности по отношению к значению аэродинамического качества того же крыла при его движении вдали от поверхности. Для движения в режиме «экранного эффекта» предназначены экранопланы.

сы) устойчивы в определённой мере по предсказуемости своего поведения под воздействием: внешней среды, собственных изменений, управления.

5. Вектора: целей, состояния, ошибки управления, их соотношение

Для осознанной постановки и решения каждой из названных ранее или обеих задач теории совместно (когда одна сопутствует другой или они некоторым образом взаимно проникают друг в друга) необходимы три набора информации: вектор целей, вектор состояния, вектор ошибки управления.

Вектор¹ целей управления (едино: самоуправления, где не оговорено отличие), представляющий собой описание идеального режима функционирования (поведения) объекта (процесса).

Вектор целей управления строится *по субъективному произволу* как иерархически упорядоченное множество частных целей управления, которые должны быть осуществлены в случае идеального (безошибочного) управления. Порядок следования частных целей в нём — обратный порядку последовательного вынужденного отказа от каждой из них в случае невозможности осуществления полной совокупности целей. Соответственно на первом приоритете вектора целей стоит самая важная цель, на последнем — самая незначительная, отказ от которой допустим первым.

Образно говоря, вектор целей — это список, перечень того, чего желаем, с номерами, назначенными в порядке, обратном порядку вынужденного отказа от осуществления каждого из этих желаний. Если несколько целей представляются равнозначными, то они в совокупности образуют интегральную цель на соответствующем приоритете вектора целей.

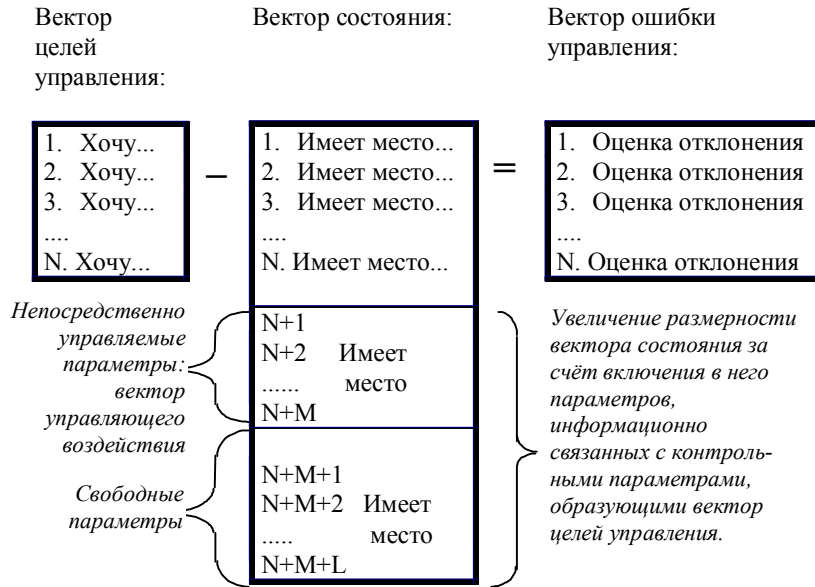
Одна и та же совокупность целей, подчинённых разным иерархиям приоритетов (разным порядкам значимости для управленца), образует разные вектора целей, что ведёт и к возможному различию в управлении, в том числе и вследствие возникновения различий в построении критериев оптимальности управления и расчёте их значений.

Дефективность вектора целей может быть возможной причиной низкого качества управления (вплоть до полной потери управления). Основные типы дефектов вектора целей приведены ниже:

- выпадение из вектора некоторых целей, *объективно необходимых для управления процессом*;
- выпадением всего вектора или каких-то его фрагментов из объективной матрицы возможных состояний объекта;
- наличие в векторе объективно и субъективно взаимно исключающих одна другие целей или целей;
- наличие целей, неустойчивых в процессе управления;
- ошибки в иерархической упорядоченности целей в составе вектора:
 - ошибочное задание приоритетов целей, в результате чего цели, приоритеты которых для успешного решения задачи управления должны быть ниже, обладают более высокими приоритетами, чем действительно значимые цели (один из вариантов — привязка низкоприоритетных по их существу целей к высокоприоритетным, в результате чего приоритеты каких-то целей могут быть занижены, а каких-то завышены, и на каком-то из приоритетов вектора целей образуется дефективная интегральная цель);

¹ В наиболее общем случае под термином «вектор» подразумевается — не отрезок со стрелочкой, указывающей направление, а упорядоченный перечень (т.е. с номерами) разнокачественной информации. В пределах же каждого качества должна быть определена хоть в каком-нибудь смысле мера качества. Благодаря этому сложение и вычитание векторов обладают некоторым смыслом, определяемым при построении векторного пространства параметров. Именно поэтому вектор целей — не дорожный указатель «туда», хотя смысл такого дорожного указателя и близок к понятию «вектора целей управления».

➤ наличие нескольких экземпляров одних и тех же целей на разных приоритетах.



- 1, ... , N — Контрольные параметры объекта управления (процесса) в порядке, обратном вынужденному отказу от осуществления избранных *определённых* целей;
- N+1, ... , N+M+L — Информационно связанные с контрольными параметрами;
- N+1, ... , N+M — Непосредственно управляемые параметры (вектор управляющего воздействия); также возможен частный случай, когда все или некоторые непосредственно управляемые параметры имеют индексы не превосходящие N.
- N+M+1, ... , N+M+L — Свободные параметры, все объективно возможные значения которых признаются допустимыми.

Схема 4. Структурирование информации, характеризующей процесс управления

Вектор (текущего) состояния контрольных параметров вбирает в себя информацию, характеризующую реальное поведение объекта по параметрам, входящим в вектор целей.

Названные два вектора (целей и состояния) образуют взаимосвязанную пару, в которой каждый из этих двух векторов представляет собой упорядоченное множество информационных модулей, описывающих те или иные параметры объекта, *определённо* соответствующие частным целям управления. Упорядоченность информационных модулей в векторе состояния повторяет иерархию вектора целей. Образно говоря, вектор состояния это — список, как и первый, но того, что воспринимается в качестве состояния объекта управления, реально имеющего место в действительности.

Размерность вектора состояния больше, чем размерность вектора целей.

Размерность вектора целей за счёт включения в него параметров, информационно связанных в матрице возможных состояний с параметрами, включёнными в вектор целей. Эти дополнительные параметры можно разделить на две группы:

- В первую входят параметры, которые поддаются непосредственному их изменению. Это — непосредственно управляемые параметры, а их изменение влечёт за собой изменение параметров, включённых в вектор целей. Эти параметры образуют вектор управляющего воздействия. В ряде случаев непосредственно управляемые параметры могут входить в состав вектора целей (например на кораблях при больших скоростях хода, чтобы предотвратить недопустимый крен в процессе поворота, а то и опрокидывание корабля, могут накладываться ограничения на угол перекаладки руля, который в задачах управления маневрированием, в отличие от угла курса, скорости хода, координат, обычно не входит в перечень контрольных параметров).
- Во вторую группу входят так называемые «свободные параметры», любые возможные значения которых в процессе управления признаются допустимыми (если на них накладываются ограничения, то они с этими ограничениями входят в вектор целей).

Поскольку восприятие субъектом состояния объекта не идеально, во-первых, — в силу искажения информации, исходящей от объекта, «шумами» среды, через которую проходят информационные потоки; носит характер, обусловленный особенностями субъекта в восприятии и переработке информации, то вектор состояния всегда содержит в себе некоторую ошибку в

определении истинного состояния, которой соответствует некоторая объективная неопределённость для субъекта управленца. Неопределённость *объективна, т.е. в принципе не может быть устранена усилиями субъекта*. Другое дело, что объективная неопределённость может быть как допустимой, так и недопустимой для осуществления целей конкретного процесса управления.

Вектор ошибки управления представляет собой «разность» (в кавычках потому, что разность не обязательно привычная алгебраическая): «вектор целей» — «вектор состояния». Он описывает отклонение реального процесса от предписанного вектором целей идеального режима и также несёт в себе некоторую неопределённость, унаследованную им от вектора состояния. Образно говоря, вектор ошибки управления это — перечень неудовлетворённых желаний соответственно перечню вектора целей с какими-то оценками степени неудовлетворённости каждого из них. Оценками могут быть построены на основе соизмеримых друг с другом численно уровней, либо численно несоизмеримых уровней, но упорядоченных ступенчато дискретными целочисленными индексами предпочтительности каждого из уровней в сопоставлении его со всеми прочими уровнями.

Структура и соотношение информации, входящей в перечисленные вектора, характеризующие процесс управления, показаны на схеме 4, приведённой выше.

Задача управления в своём существе — достичь целей, а равно — обнулить вектор ошибки управления. Реально вектор ошибки не может быть сделан идеально нулевым как вследствие объективных причин, так и вследствие разного рода неточностей и запаздываний в процессе управления, которые обусловлены субъективными причинами в ходе организации управления. Соответственно этому обстоятельству реальное управление может протекать в одном из трёх режимов:

- Нормальное управление — в нём реально ненулевые значения компонент вектора ошибки управления оцениваются как вполне приемлемые (они могут при этом находиться в пределах погрешности измерений — в этом случае достигаются значения «технического нуля» либо могут считаться *приближённо равными нулю*¹).
- Допустимое управление — в нём реально ненулевые значения компонент вектора ошибки находятся в пределах, признаваемых допустимыми.
- Аварийное управление — в нём те или иные компоненты вектора ошибки выходят за допустимые пределы, но *катастрофа управления (необратимая потеря управления, повреждения разрушение объекта управления или нанесением им ущерба элементами внешней среды)* ещё не наступила. В режиме аварийного управления главной целью управления становится возвращение объекта хотя бы в режим допустимого управления.

Аварийное управление — один из тех случаев, в которых иерархическая упорядоченность компонент вектора целей, его состав могут изменяться в процессе управления, что влечёт за собой изменение и всей структуры информации в задаче управления.

Разграничение нормального и допустимого управления носит либо субъективно обусловленный характер, либо диктуется самой задачей управления.

Также надо понимать, что в силу субъективизма управленцев, формула взаимосвязи трёх названных векторов, приведённая на схеме 4 («вектор целей» — «вектор состояния» = «вектор ошибки управления»), допускает обмен местами в ней «вектора целей» и «вектора ошибки управления»: т.е. тот вектор состояния, который с точки зрения одного субъекта-управленца — ошибка управления, для другого — успешно достигнутая цель.

¹ Однако при этом надо помнить, что с точки зрения вычислительной математики два ЛЮБЫХ числа приближённо равны, и потому практически вопрос только в том: Можно ли в осуществляемом процессе управления ненулевые компоненты вектора ошибки считать *приближённо нулевыми*?

6. Качество управления и оптимальность

Вектор ошибки управления, кроме того, представляет собой основу для формирования оценки качества управления субъектом-управленцем.

Оценка качества управления не является самостоятельной категорией, поскольку на основе одного и того же вектора ошибки возможно построение множества оценок качества управления, далеко не всегда взаимозаменяемых.

Если вектор ошибки может быть интерпретирован в форме числового алгебраического n -мерного вектора (столбец чисел), то в качестве его меры может выступать какая-либо из норм¹ вектора: например, его «длина» — диагональ параллелепипеда, построенного на компонентах вектора в n -мерном пространстве с ортогональным базисом; либо значение первой его компоненты как обладающей наивысшим приоритетом значимости в процессе управления и т.п.

Если принято некое правило построения оценки качества управления, то преобразование вектора ошибки в оценку качества управления однозначно; обратный переход в силу многомерности пространства целей управления — многозначен и потому интереса не представляет.

Оценка качества управления всегда субъективна: во-первых, субъективен выбор множества частных целей управления; во-вторых, субъективно устанавливается иерархия их значимости; в-третьих, на основе одного и того же вектора ошибки можно построить не одну обобщающую оценку всей совокупности частных ошибок, входящих в вектор, употребляя разные правила (алгоритмы) преобразований. Эти три фактора необходимо учитывать даже при сопоставлении оценок качества управления однокачественными процессами, но управляемыми разными субъектами.

В ситуациях же конфликтного управления одним и тем же объектом со стороны разных субъектов вопрос о качестве управления тем более многозначен. В зависимости от того, что конкретно каждым из субъектов-управленцев воспринимается в качестве частных ошибок и частных целей управления, складываются их вектора целей и вектора ошибок управления, в результате чего при совпадении возникают коалиции объективных союзников, которые распадаются, когда процесс конфликтного управления затрагивает несовпадающие цели, что порождает в коалиции взаимно исключаящие оценки ошибок управления.

Единственное исключение из субъективизма оценок качества управления возникает при сопоставлении совокупности однокачественных частных процессов во всеобъемлющем процессе иерархически наивысшего управления: т.е. понятийная матрица ДОТУ такова, что без понятия об иерархически наивысшем всеобъемлющем управлении ДОТУ оказывается невозможной (т.е. на основе атеистического мировоззрения и миропонимания в любых их разновидностях ДОТУ не выражается). Оценка качества управления, выставленная Всевышним в иерархически Наивысшим управлением, объективна по отношению ко всякому из частных, вложенных в него процессов.

С качеством управления связано и понятие об *оптимальности* вообще и об *оптимальности управления*, в частности.

Оптимальное управление — то управление, в котором достигается наивысший уровень качества управления.

Оно может быть единственным, но может быть и множественным в силу того, что одни и те же оценки качества управления могут соответствовать некоторому множеству векторов ошибки управления. В этом случае необходимо либо пересмотреть критерий оптимальности, либо дополнить его какими-то ограничениями на те или иные компоненты вектора ошибки управления, соотносясь с приоритетностью целей управления в векторе целей.

¹ Строгий термин математики: см. линейную алгебру и математический анализ. Если не вдаваться в математические строгости, то норма вектора — его оценка одним числом на основе определённого правила пересчёта значений компонент вектора в значение нормы вектора.

В ряде случаев выявить оптимальное управление не удаётся в силу сложности или неприемлемых затрат при решении задачи о предсказуемости поведения объекта. В этом случае из всего множества возможных вариантов управления следует выбрать подмножество вариантов, в котором оценка качества управления достигает приемлемых значений и ограничиться одним из вариантов, пусть и не оптимального, но приемлемого по уровню качества управления.

7. Замкнутые системы и схемы управления

В подавляющем большинстве случаев объекты (процессы), с которыми мы имеем дело в жизни, не обладают свойством самоуправления в желательном для нас режиме. Соответственно этому обстоятельству мы и оказываемся перед необходимостью решать те или иные задачи управления. Решение их состоит в том, чтобы:

- либо выявить в объекте (процессе) некую систему управления и настроить её на управление объектом (процессом) в желательном для нас режиме;
- либо построить систему управления и связать её с объектом (процессом), управлять которым мы намереваемся.

И то, и другое приводит к понятию «замкнутая система»:

«Замкнутая система» это — объект управления (процесс), находящийся во взаимодействии со средой, и система управления им, связанные друг с другом цепями прямых и обратных связей.

Управление — информационно-алгоритмический процесс — является отображением информации: из объекта и среды, окружающей объект управления, в систему управления объектом — обратные связи; и из системы управления объектом в объект и среду — прямые связи. Прямые связи подразделяются на внешние и внутренние: локализованные в пределах объекта и системы управления им — внутренние прямые связи; уходящие из системы управления и объекта во внешнюю среду — внешние прямые связи.

Аналогичным образом на внешние и внутренние подразделяются и обратные связи, по которым поступает информация о состоянии среды, положении объекта в ней, — внешние обратные связи; а по которым поступает информация о состоянии элементов объекта и системы управления им, — внутренние обратные связи.

Кроме того обратные связи подразделяются на «положительные» и «отрицательные». Понятие об *отрицательных* обратных связях отражает факт построения системы управления объектом таким образом, что обнаружение системой управления отклонений объекта от идеального режима, предписанного вектором целей, вызывает появление управляющего воздействия, направленного в сторону возвращения объекта к идеальному режиму. При положительных обратных связях управление помогает *возмущению (с момента его обнаружения)* увести объект от идеального режима в направлении воздействия на объект возмущения.

Но поскольку возмущение может представлять собой управляющее воздействие со стороны некоего процесса управления извне (его управляющее воздействие — его прямые связи), то при рассмотрении совокупности взаимовложенных процессов управления в отношении любого из *вложенных в рассматриваемую совокупность процессов самоуправления* их положительные обратные связи могут быть названы «поощряющими», а их отрицательные обратные связи — «гасящими», «подавляющими», «сдерживающими», «тормозящими».

Хотя до настоящего времени (2008 г.) эти термины в теории управления (вне ДОТУ) не употребляются, но они более соответствуют характеру обратных связей в процессе управления, нежели общепринятое подразделение обратных связей на «положительные» и «отрицательные», которое не однозначно понимается интуитивно и нуждается в дополнительном пояснении. К тому же они более соответствуют процессам взаимодействия некоего частного (вложенного) управления с объемлющим его иерархически высшим управлением.

В зависимости от характера организации контуров прямых и обратных связей возможны различные *схемы управления*¹. Все замкнутые системы при структурном и бесструктурном управлении (значение этих терминов будет пояснено далее в разделе 8) строятся на основе одной из следующих схем управления и (или) их сочетании в объемлющей замкнутой системе. Разные схемы (не способы) управления обеспечивают для одних и тех же объектов в одних и тех же условиях различную гибкость реагирования на возмущающие воздействия и различный максимально достижимый уровень качества управления. Будучи реализованы на одних и тех же объектах, они обеспечивают им разные запасы устойчивости управления. Схемы управления отличаются одна от другой распределением по компонентам замкнутой системы полной функции управления.

Структура, реализующая схему управления, может быть полностью размещена на объекте, либо какие-то её элементы могут быть размещены вне управляемого объекта по разным причинам. Частным случаем такого варианта является дистанционное управление, когда на объекте размещены преимущественно исполнительные элементы структуры, которые не жалко потерять или которые заведомо невозможно сохранить. Последнее часто имеет место по отношению к команде *марионеточных политиков*, изображающих реальную власть, а также при употреблении *роботов*² в опасной обстановке.

Программная схема управления. Внешние обратные связи после включения схемы в процесс управления в замкнутой системе отсутствуют: текущая информация о состоянии внешней среды и положении объекта в ней в системе управления не используется.

Управляющий сигнал является функцией времени и, возможно, — информации, поступающей по каналам внутренних обратных связей.

Учёт влияния на поведение объекта всех возмущающих воздействий производится на стадии проектирования и создания объекта и (или) системы управления им и программы управления. Уровень максимально возможного качества управления является функцией соответствия программы управления *реальным* условиям её реализации, поскольку замкнутая система не реагирует на реальное воздействие внешней среды. Гибкость поведения отсутствует.

Программно-адаптивная схема управления. Внешние обратные связи в системе есть.

Управляющий сигнал является функцией реальных параметров внешней среды и замкнутой системы, информация о которых поступает по цепям внешних и внутренних обратных связей. Но в то же время управляющий сигнал является и однозначной функцией программы (закона управления) в том смысле, что одинаковой информации, поступающей по цепям обратных связей, всегда соответствует один и тот же управляющий сигнал.

Эту тождественность реакции «вход — выход» можно понимать и в смысле соответствия статистических характеристик управляющего сигнала информации, поступающей по цепям обратных связей. Реакция системы на возмущение до некоторой степени гибкая в том смысле, что управляющий сигнал и реакция замкнутой системы на возмущения — функция этих возмущений.

Программно-адаптивная схема может реализовывать разные принципы управления. Отметим два наиболее часто встречающихся: управление по возмущению, и управление по отклонению. В первом случае система управления вырабатывает управляющий сигнал на основе измерения в процессе управления *непосредственно возмущающего воздействия*. Во втором случае система управления вырабатывает управляющий сигнал на основе измерения контрольных параметров и оценки их отклонений от значений, характеризующих идеальный ре-

¹ Нами используются термины типа «схема управления», а не типа «принцип управления», употребительные в технических вариациях теории управления, потому, что подразумевается схема архитектуры структуры, осуществляющей процесс управления, т.е. схема каналов информационного обмена элементов структуры друг с другом и внешней средой. А одни и те же «принципы управления» могут быть реализованы на основе различных схем управления.

² Хотя в толпо-«элитарном» обществе политики редко не представляют собой роботов — биороботов.

жим управления. При необходимости оба принципа могут сочетаться в одной и той же системе управления.

Предположим, что мы проектируем систему автоматического управления температурным режимом в помещении. Мы можем построить её так, что обогреватели будут включаться в результате регистрации системой падения температуры в помещении ниже заданного значения. Это будет реализацией принципа управления по отклонению. Но мы можем построить систему такого назначения и иначе. Поскольку температура в помещении обычно падает после того, снизится среднесуточная температура наружного воздуха, остынут стены помещения и в него попадёт холодный наружный воздух, то мы имеем возможность регистрировать температуру наружного воздуха, вычислять среднесуточную температуру, и, не дожидаясь того момента, когда стены остынут и начнётся снижение температуры в помещении, давать команду на включение обогревателя в каком-то режиме немедленно в случае снижения среднесуточной температуры до заданного порогового значения. Кроме того, режим функционирования обогревателя может быть функцией разницы среднесуточной наружной температуры и текущего значения температуры в помещении. В последнем варианте в программно-адаптивной схеме управления будут сочетаться оба принципа управления — по возмущению и по отклонению.

Если нет возможности измерять контрольный параметр непосредственно *в процессе управления* (то есть в отношении него разорваны внешние и внутренние обратные связи), то в таком случае вместо не поддающегося непосредственному измерению значения контрольного параметра может быть использована его косвенная оценка на основе его производных, интегральных и иным образом информационно с ним связанных параметров, которые измеряются непосредственно. Однако в этом случае программно-адаптивное управление имеет свойство неограниченно накапливать с течением времени ошибку рассогласования по контрольному параметру. Причина неограниченного накопления ошибки управления по контрольному параметру — накопление ошибок измерения и преобразования измеренных величин в процессе косвенной оценки необходимой характеристики.

Примерами такого рода ошибок полна летопись морских катастроф, когда навигаторы, не видя берега в течение многих недель, из-за плохой погоды не видя звёзд, вынуждены были определять место корабля по счислению (на основе расчётов), и из-за ошибок в измерении скорости хода, ошибок в оценке влияния ветра и течений, неточности хода корабельных хронометров (часов) и ошибочного показания компасов теряли точные координаты (место) и гибли на камнях, которые по их расчетам должны были находиться за много миль от них. Таков же механизм накопления ошибок инерциальными навигационными системами, употребляемыми в ракетно-космической технике, на подводных лодках и системах оружия, в которых текущие координаты объекта определяются на основе ввода исходных координат, измерения ускорений и их двукратного интегрирования.

Качество управления при употреблении программной схемы ниже в сопоставлении с программно-адаптивной при одинаковой алгоритмике моделирования поведения объекта, положенной в основу формирования управляющего сигнала. Но и возможное качество управления при программно-адаптивной схеме может оказаться ниже минимально необходимого уровня в сложившихся условиях.

Допустим, что в какой-то момент времени вектор ошибки управления равен нулю. Но в какой-то момент времени, даже в тот же самый, замкнутая система будет подвергаться ненулевому возмущающему воздействию. Если бы в состав замкнутой системы входила идеальная система управления, то она формировала бы управляющий сигнал так, что управляющее воздействие в каждый момент времени в точности компенсировало бы возмущающее воздействие, вследствие чего вектор ошибки управления сохранял бы своё нулевое значение неограниченно долгое время.

Но в большинстве случаев возмущающее воздействие прямому измерению не поддаётся. Но даже если что-то и возможно измерить, то существует порог чувствительности средств измерения величин всех факторов, на основе информации о которых формируется управляю-

щий сигнал. Информация при передаче искажается в некоторых пределах в самой системе. Системе управления требуется время на формирование и передачу управляющего сигнала. Средства управления также обладают ограниченным быстродействием. Сам объект управления обладает характеристиками инерции, и ему необходимо время, чтобы отреагировать на возмущающее воздействие, в результате чего возмущённое движение объекта также успевает набрать инерцию и требуется более мощное управляющее воздействие, чтобы вернуть объект к исходному режиму; но объекту необходимо время и для реакции на управляющее воздействие.

По этим причинам управляющее воздействие, соответствующее в некоторой мере вызвавшему его возмущающему воздействию, в программно-адаптивной схеме управления неизбежно запаздывает. Даже если мощность средств управления достаточна, чтобы полностью компенсировать возмущающее воздействие, она не может быть полностью использована вследствие того, что всегда имеет место фазовый сдвиг между возмущающим воздействием и компенсирующим его управляющим. По этой причине объект всегда находится под возмущающим воздействием факторов, реально учитываемых системой управления, не говоря уж о воздействии не учитываемых факторов: неопознанных, признанных мало влияющими, оказавшихся ниже порогов чувствительности средств измерения и т.п. Соответственно замкнутая система — колебательная система, преобразующая возмущающее воздействие и управляющее воздействие в вектор ошибки управления, изменения которого в устойчивом процессе управления носят колебательный характер.

Потребность уменьшить вектор ошибки управления *за счёт повышения эффективности использования располагаемых ресурсов* приводит к схеме «*предиктор-корректор*» — предугадатель-поправщик (предсказатель-поправщик).

Смысл слова «предугадатель» объёмлет смысл слова «предсказатель», поскольку включает в себя и многовариантный прогноз, и выбор варианта для осуществления (либо взаимно согласованной совокупности вариантов). Но на Западе и в отечественной научной традиции уже принят термин «предиктор-корректор», однако не в общем управленческом смысле, а в ограниченном: в технике и вычислительной математике¹. Поэтому мы, оговорив по-русски особенности нашего понимания — «предугадатель-поправщик», а не «предсказатель-поправщик» — сохраняем уже прижившийся на Западе термин «предиктор-корректор», однако расширив область его применения введением в контекст достаточно общей теории управления.

Схема управления предиктор-корректор.

Управление в схеме предиктор-корректор строится на основе прогнозирования в *самом процессе управления* поведения замкнутой системы, исходя из информации о текущем и прошлых состояниях замкнутой системы и воздействии на неё окружающей среды. **Прогнозная информация** подаётся на вход программно-адаптивного модуля системы управления.

Вследствие этого система управления реагирует не только на уже свершившиеся отклонения замкнутой системы от идеального режима, но и на те, которые только имеют тенденцию к осуществлению (в случае, если прогнозирование достаточно точное).

Если программно-адаптивное управление замыкает прямые и обратные связи через настоящее и **уже свершившееся прошлое**, то в схеме *предиктор*-корректор некоторая часть прямых и обратных связей замыкается через *прогнозируемое будущее*.

Информация о свершившемся прошлом и о настоящем в схеме предиктор-корректор, кроме прогнозирования и выработки управляющего сигнала, также используется как основа

¹ Термин «предиктор-корректор» — название одного из методов вычислительной математики. В нём последовательными приближениями находится решение задачи. При этом алгоритм метода представляет собой цикл, в котором в последовательности друг за другом выполняются две операции: первая — прогноз решения и вторая — проверка прогноза на удовлетворение требованиям к точности решения задачи. Алгоритм завершается в случае, когда прогноз удовлетворяет требованиям к точности решения задачи.

для минимизации (периодического обнуления) в процессе управления составляющей вектора ошибки, обусловленной накоплением с течением времени ошибок прогнозирования.

При сопоставлении программно-адаптивной схемы и предиктора-корректора на основе вектора состояния, используемого программно-адаптивной схемой¹, одному и тому же вектору состояния в схеме предиктор-корректор будут соответствовать разные управляющие сигналы, поскольку в основе прогноза предиктора-корректора лежит вектор состояния большей размерности, чем в программно-адаптивной схеме. На основе информации, выходящей за пределы тождественной части векторов состояния, используемых в обеих схемах, предиктор-корректор будет получать разные прогнозы, что и выразится в несовпадении управляющих сигналов, вырабатываемых в программно-адаптивных модулях обеих схем управления. То есть предиктор-корректор «умнее» и обеспечивает более гибкое, нешаблонное управление в сопоставлении его с предыдущими схемами.

При условии достаточно высокой точности прогноза схема предиктор-корректор обеспечивает наиболее высокое качество управления за счёт того, что в ряде случаев сводит до нуля (при необходимости — до отрицательных величин: это — упреждающее управление) *фазовый сдвиг* между возмущающим воздействием и управляющим воздействием, обеспечивающим компенсацию возмущения. Это позволяет употребить ресурсы замкнутой системы на повышение запаса устойчивости управления и *производительности замкнутой системы в отношении вектора целей управления*. При других схемах управления эти резервы не могут быть использованы или расходуются на компенсацию той составляющей отклонений от идеального режима, которая обусловлена фазовым сдвигом управляющего воздействия относительно возмущающего в сопоставлении с теоретическим случаем отсутствия фазового сдвига между возмущением и управляющим воздействием.

Разновидностью схемы управления предиктор-корректор является уже упоминавшаяся ранее (при рассмотрении в разделе 3 настоящей лекции полной функции управления), которая предусматривает творчество системы управления — субъекта-управленца — как минимум в следующих областях:

- выявление факторов среды, вызывающих потребность в управлении;
- формирование векторов целей;
- формирование новых концепций управления;
- совершенствование методологии и навыков прогноза при решении вопроса об устойчивости в смысле предсказуемости при постановке задачи управления и (или) в процессе управления по схеме предиктор-корректор (предуказатель-поправщик).

Как уже отмечалось в разделе 8 объединённых лекций 6 и 7, — с точки зрения теории и практики управления, — значимость информации, характеризующей процесс управления как таковой, убывает в следующем порядке:

- **объективно открылись** (возникли, появились) возможности к тому, что течение процесса управления в будущем может отклониться от нормальных параметров;
- возможности начали реализовываться и наметились тенденции к тому, что течение процесса управления отклонится от нормальных параметров;
- течение процесса отклонилось от нормальных параметров, но ещё находится в пределах допустимого;
- отклонение параметров процесса на грани допустимого;
- процесс вышел за допустимые пределы.

И практически нулевой управленческой значимостью обладает информация о том, что всего названного ранее нет, вследствие чего процесс управления протекает нормально.

¹ Предиктор-корректор может использовать в прогностике более широкий набор параметров, включающий и те параметры, которые не используются программно-адаптивной схемой для выработки управляющего воздействия.

При этом следует пояснить ещё один аспект учёта возможностей и тенденций в выработке управляющего воздействия. Открываться могут не только не благоприятные возможности, но и возможности благоприятные, реализация которых позволяет ощутимо повысить качество управления. То же касается и учёта тенденций.

Но учёт в управлении открывшихся возможностей и наметившихся тенденций обеих категорий возможен только в схеме предиктор-корректор, программно-адаптивные схемы управления к этим объективным факторам слепы и в отношении негативных возможностей и тенденций работают по принципу «пока гром не грянет — мужик не перекрестится», а позитивные возможности и тенденции в них оказываются не реализуемыми.

Приведённые в настоящем разделе определения терминов «замкнутая система», «прямые» и «обратные связи», содержат в себе некоторые умолчания, значимые в контексте ДОТУ. Вследствие наличия этих умолчаний — *в контексте ДОТУ приведённые определения являются более общими*, включающими в себя тот смысл, который не свойственен этим терминам в исторически сложившихся технических версиях теории управления, а сама ДОТУ приверженцам «классики» вследствие этого представляется «неправильной», — выражением невежества её разработчиков, которые якобы не знают и не понимают «классики».

Классическое определение термина «замкнутая система»:

«Замкнутая система управления, система управления, в которой управляющее воздействие формируется в функции отклонения значения управляемой величины от требуемого закона её изменения» («Большая советская энциклопедия», изд. 3, т. 9, стр. 325).

Соответственно определениям такого рода, когда говорят о прямых и обратных связях в замкнутой системе, то имеют ввиду только связи с объектом управления, но не со средой. При этом под прямой связью понимают управляющее воздействие, а под обратной — введение в систему управления информации о реакции объекта управления на управляющее воздействие.

По существу в определениях термина «замкнутая система» такого рода речь идёт о том, что в замкнутых системах информация, на основе которой во всякий момент времени вырабатывается управляющее воздействие, включает в себя и информацию об управляющем воздействии, выработанном некогда в прошлом.

Иными словами, некоторые информационные потоки, проходящие через систему управления, замкнуты в кольцевом контуре их обращения, отсюда и проистекает название термина «замкнутая система».

Однако есть связки «объект + система управления», в которых обратных связей в смысле обусловленности текущего управления управлением, выработанным в прошлом, нет. Такова программная схема управления. А в схеме управления предиктор-корректор некоторые из связей, если их относить к категории «обратных» в традиционном понимании этого термина, замыкаются не через прошлое, а через прогнозируемое будущее в том смысле, что текущее управление включает в себя прогноз поведения управляемого объекта, в который входит и информация о вариантах текущего управления.

При этом в исторически сложившихся технических версиях теории управления нет термина для обозначения связки «объект + система управления» в общем случае рассмотрения. Поэтому, излагая ДОТУ, мы оказываемся перед выбором:

- либо как-то называть эту связку (при этом само слово «связка» явно не подходит вследствие его употребительности в самых разных контекстах);
- либо придать в контексте ДОТУ расширительное толкование терминам «прямые» и «обратные связи», «замкнутая система».

В прошлых редакциях ДОТУ нашёл выражение расширительный подход, однако он не был пояснён, что у некоторой части читателей (особенно знакомых с какими-то техническими версиями теорий управления) вызывало неприятие, недоумение и вопросы.

В настоящей редакции мы сохраняем расширительный подход к толкованию упомянутых терминов, и потому в контексте ДОТУ следует принять определения прямых и обратных связей с подразделением их на внешние (уходящие в среду) и внутренние (локализованные в пределах объекта управления и системы управления) так, как они даны выше. То же касается определений отрицательных обратных связей как сдерживающих, и положительных как поощряющих.

8. Способы управления: структурный, в суперсистемах — бесструктурный и на основе виртуальных структур

В процессе управления замкнутая система и её часть — система управления — образуют структуру, подчинённую вектору целей (обусловленную им) и несущую концепцию управления и составляющие её **целевые функции**. Качество управления обеспечивается при этом двумя факторами:

- **архитектурой структуры**, т.е. составом и функциональной нагрузкой её элементов (включая каналы информационного обмена) и упорядоченностью (организацией, иерархией) элементов в структуре;
- характеристиками работоспособности, т.е. функциональной пригодностью самих элементов, входящих в структуру, для осуществления возлагаемых на них функций (своего рода «квалификационным» уровнем элементов).

Ошибки в построении структуры, вызывающие её общее несоответствие вектору целей и множеству допустимых векторов ошибки, могут свести практически на нет высокую функциональную пригодность элементов структуры; поэтому при функционально пригодных (хороших в этом смысле) элементах, образующих структуру, вектор ошибки управления тем не менее, будет вне допустимых пределов.

Если при этом структура создаётся до начала процесса управления, и её архитектура и элементная база не изменяются в его ходе, то характеристики вектора ошибки управления определяются прежде всего соответствием архитектуры структуры вектору целей и множеству допустимых векторов ошибки управления: это даёт основание к тому, чтобы такой способ управления назвать **структурным**.

При управлении структурным способом происходит адресное распространение функционально ориентированной информации по элементам структуры, неизменной в процессе управления.

Примеры структурного управления в технике: управление самолётом при помощи автопилота, представляющего собой структуру разнородных элементов; командный состав любой воинской части, административный состав любого завода, института, органы государственной власти и их совокупность и т.п. также представляют собой управляющие соответствующими процессами структуры.

При ином взгляде: структура, несущая функцию управления, это — *система, т.е. целесообразно выстроенная (иначе говоря, — функционально ориентированная) совокупность взаимосвязанных элементов, определённая как количественному составу каждого из видов входящих в неё функционально своеобразных элементов, так по взаимосвязям элементов в пределах системы.*

Понятно, что элементы системы, в свою очередь, могут быть системами иерархически более низкого порядка. Также понятно, что установление взаимосвязей между системами, образующими некоторое множество, может иметь следствием порождение систем более высокого иерархического уровня по отношению к исходным системам.

Т.е. всякая система обладает некоторой внутренней структурой, а множество систем при организации взаимодействия между ними может порождать системы более высокого иерархического уровня по отношению к уровню базовых системы. И потому один из вопросов теории управления состоит в том, *как складываются такого рода структуры, вбирающие в себя множество систем.*

В разнообразии возможностей, ведущих к тому или иному ответу на этот вопрос, нас в связи с тематикой настоящего раздела будет интересовать только одна.

Предположим, что у нас имеется множество неких элементов, которые обладают следующими свойствами:

1. Все элементы самоуправляемы на основе информационно-алгоритмического обеспечения, хранящегося в их памяти.
2. Каждым из них можно управлять извне, поскольку они могут принимать информацию и алгоритмику в память (по п. 1).
3. Они могут управлять другими элементами (по п. 1 и п. 2), поскольку могут выдавать информацию из памяти другим элементам множества.

Множество элементов, обладающих названными свойствами, мы далее будем именовать «суперсистема».

Бесструктурное управление возможно в **суперсистемах**, состоящих из множества аналогичных в некотором смысле друг другу элементов: требование аналогии, т.е. способности элементов к взаимозаменяемости друг друга в разных процессах в данном случае — дополнительное требование, по отношению к трём характеристическим требованиям, положенным в определение термина «суперсистема», связанное с тем, что, чем ниже параметры взаимозаменяемости, — тем ниже способность суперсистемы к порождению в себе бесструктурного управления.

Предположим, что мы распространяем в суперсистеме информацию — циркулярно, т.е. безадресно, в режиме «для всех, кто способен принять». Циркулярное распространение информации (т.е. одна и та же информация проходит через множество элементов), подчинённое некоторым статистическим характеристикам и разного рода оценкам возможного течения событий, несёт в себе вероятностную предопределённость изменения информационного состояния памяти некоторого подмножества элементов в составе суперсистемы. Вероятностно предопределённое изменение состояния памяти элементов ведёт к изменению статистических характеристик их самоуправления. Если распространение информации в этом множестве и его последствия обладают устойчивой предсказуемостью в статистическом смысле (то есть порождает предсказуемую статистику явлений), то возможно бесструктурное управление этим множеством, а также и его бесструктурное самоуправление.

В таком множестве элементов, обладающих различным информационно-алгоритмическим наполнением их памяти, подчинённым статистическим закономерностям, существует статистическая предопределённость того, что 1) циркулярное безадресное прохождение в среде этого множества *информационного модуля определённого содержания* приведёт к тому, что 2) элементы множества на основе самоуправления сложатся в одну или более структур, ориентированных на некий, соответствующий указанному информационному модулю вектор целей в течение вполне приемлемого интервала времени, и 3) вектор ошибки в возникшем процессе управления не выйдет за допустимые пределы.

Другими словами:

При бесструктурном управлении множество более или менее аналогичных один другому самоуправляющихся элементов, способных к взаимодействию друг с другом и средой, вероятностно предопределённо порождает из себя замкнутые системы, отвечающие заданному вектору целей и множеству допустимых векторов ошибки.

Главное отличие бесструктурного управления от структурного:

Структура формируется не директивно-адресно до начала процесса управления, а возникает управляемо (либо самоуправляемо) в порядке реализации статистических предопределённостей в ходе процесса управления на основе **преимущественно** безадресного циркулярного распространения информации во множестве элементов, составляющих суперсистему.

Поэтому множество элементов, в котором протекает процесс бесструктурного управления, само является **замкнутой системой**¹ иерархически упорядоченных контуров прямых и обратных связей, архитектура которой меняется в ходе процесса управления. При этом это же множество элементов является *средой, порождающей из себя структуры в процессе её самоуправления или управления ею извне*.

Бесструктурное управление в его существе — управление статистическими характеристиками множественных (массовых) явлений на основе господствующих над множеством элементов вероятностно-статистических предопределённостей хранения, распространения и переработки информации и их оценок на основе чувства меры и статистических моделей.

Яркий пример бесструктурного управления — автобус без кондуктора с кассами. *Цель управления:* распространение билетов, взимание платы за проезд, оповещение об остановках. Всё это ложится на плечи пассажиров, поскольку в большинстве случаев трансляция в автобусах не работает, кроме того, водителю просто не следует отвлекаться от управления машиной: продавать билеты — тем более на ходу — и объявлять остановки — помеха его работе. *Концепция управления включает в себя:* приём денег, их размен, выдачу сдачи, вручение билетов, контроль за тем, чтобы не было безбилетников «зайцев», и консультации пассажиров о том, где им надо выйти. Она же — обязанности кондуктора; их исполняет вся совокупность пассажиров автобуса, на основе информации их памяти.

Этот пример показывает, что одна и та же цель управления может быть осуществлена структурным (кондуктор, хоть и один, но всё же структура) и бесструктурным способом. Здесь же виден и субъективизм в оценках качества управления, достигаемых при каждом из способов. Если Вы хотите, чтобы максимальный процент пассажиров ехал с билетами и никто не ошибся в остановке, то кондуктор лучше. Если вас интересует доход с автохозяйства, то в случае, когда экономия на зарплате сокращённых кондукторов компенсирует убытки, возникшие из-за дополнительных «зайцев» и расширения штата контролеров, — лучше ездить с кассами без кондуктора на принципе самообслуживания пассажиров.

Если же вы смотрите на всю систему общественного городского транспорта с точки зрения субъекта-хозяина² государства-суперконцерна, то печатать и распространять билеты — **вредная растрата** какой-то части общественного фонда рабочего времени и природных ресурсов, поскольку отпечатанный и тут же выброшенный билет не удовлетворяет ни чьих личных потребностей ни в пище, ни в одежде, ни в жилье, ни в Знании — ни в чём ином действительно полезном, чего так не хватает людям, но зато при их производстве и распространении изводится рабочее время, лес, энергия, замусоривается среда обитания.

Управление на основе виртуальных структур. Это — тоже один из процессов, возможных в суперсистемах. Предположим, что:

- «суперсистема № 1» представляет собой подмножество элементов «суперсистемы № 2», т.е. всякий элемент «суперсистемы № 1» является одновременно и элементом «суперсистемы № 2», но не всякий элемент «суперсистемы № 2» является элементом «суперсистемы № 1»;

¹ Не в том смысле, как термин «замкнутая система» понимается в современной физике, а в ранее определённом смысле достаточно общей теории управления.

Поясним разницу в понимании этого термина в физике и достаточно общей теории управления.

«Замкнутые системы» с точки зрения физики это изолированные от окружающей среды системы, которые не способны к обмену энергией с другими системами, и собственная энергия которых сохраняется в них самих.

Система является замкнутой в том и только в том случае, если поток энергии на входе и выходе системы равен нулю. Однако такая ситуация является лишь частным случаем. В общем случае поток энергии на входе и выходе системы не равен нулю. Замкнутые системы являются частным случаем открытых систем. Система является открытой тогда и только тогда, когда она обменивается потоками энергии с окружающей её средой.

Т.е. реально «замкнутая система» в таком её определении — абстракция теоретической физики, позволяющая *приблизённо* описать течение реальных процессов в природе со множеством оговорок, поскольку в природе реально все системы — «открытые».

² В этом качестве может пребывать только концептуально властный народ.

- «суперсистема № 2» не видна с уровня «суперсистемы № 1»;
- в «суперсистему № 1» проникает структура, несущая некий процесс управления, организованная на уровне «суперсистемы № 2».

При оговоренных условиях, функционирование этой структуры будет восприниматься *на уровне «суперсистемы № 1»* как ничем не обусловленные «случайные совпадения» в поведении элементов «суперсистемы № 1», но не как проявление деятельности структуры, проникающей в «суперсистему № 1» из «суперсистемы № 2».

Если природа этих *не случайных* совпадений на уровне «суперсистемы № 1» не может быть выявлена, то *на уровне «суперсистемы № 1» вся такого рода совокупность «случайных» совпадений — управление на основе виртуальных структур.*

Это — один из примеров управления на основе виртуальных структур. В более общем случае любое проникновение структурного управления в суперсистему извне — в ней предстаёт как управление на основе виртуальных структур вне зависимости от того, проникает в суперсистему структурное управление из иерархически равнозначной её суперсистемы, либо это иерархически высшее управление, вплоть до иерархически наивысшего всеобъемлющего управления Вседержителя.

Структурное управление в суперсистемах может возникать как реализация соответствующего этапа полной функции управления — целенаправленное построение структуры, несущей концепцию управления. Но структурное управление в суперсистемах может возникать и из бесструктурного или из управления на основе виртуальных структур, если цели, на которые ориентировалось бесструктурное управление или управление на основе виртуальных структур, достаточно устойчивы, вследствие чего обретают устойчивость и структуры, сложившиеся в бесструктурном управлении или в виртуальном управлении для работы с этими целями.

Иными словами структурное управление может выкристаллизовываться из бесструктурного или из управления на основе виртуальных структур.

Наивысшее качество управления в суперсистемах достигается в сочетании структурного и бесструктурного управления в русле адекватного иерархически высшего управления, протекающего в них на основе виртуальных структур.

9. Балансировочные режимы и манёвры

Теперь вернёмся к замкнутым системам. Устойчиво управляемая система может находиться либо в **балансировочном** режиме, либо в **режиме манёвра**. Один и тот же, реально протекающий режим может быть интерпретирован и как балансировочный, если соотноситься с одним вектором целей, и как режим маневра, если соотноситься с другим вектором целей.

В векторе целей **балансировочного** режима контрольные параметры неизменны во времени. В реальном устойчивом балансировочном режиме вектор состояния колеблется относительно неизменного положения в подпространстве контрольных параметров, а свободные параметры могут при этом изменяться по-всякому.

Понятие «балансировочный режим» несколько сродни понятию «равновесие», но шире его, поскольку обыденное сознание воспринимает «равновесие» статично — как неподвижную неизменность во времени. В балансировочном же режиме *во времени неизменен* процесс колебаний системы относительно точки «равновесия», координаты которой неизменны во времени: система проходит через неё, но не может пребывать в ней, хотя бы потому, что отклонения от неё — ниже порога чувствительности средств измерения или управление негибко, обладает конечным быстродействием и не может вовремя остановить объект в точке равновесия.

В векторе целей режима **манёвра** изменяется хотя бы один из контрольных параметров. При рассмотрении реального процесса устойчивого манёвра *в подпространстве контрольных параметров* вектор состояния отслеживает с некоторой ошибкой управления изменение вектора целей (содержащего только контрольные параметры). На свободные параметры, как и в случае балансировочного режима, ограничения не накладываются.

Режим маневрирования, в котором производные по времени контрольных изменяющихся параметров постоянны (в пределах допустимой ошибки управления), называется *установившимся манёвром*. Установившийся манёвр сам является балансировочным режимом, из вектора целей которого исключены изменяющиеся в процессе манёвра контрольные параметры.

Если идти от реально протекающего процесса управления и строить по предположению (т.е. гипотетически) вектор целей субъекта, реально управляющего процессом (это называется «идентификация» вектора целей), то один и тот же режим можно интерпретировать в качестве балансировочного режима или устойчивого колебательного манёвра. Так, при отнесении к вектору целей только параметров, колеблющихся относительно средних значений (в зависимости от ограничений на ошибки управления), режим интерпретируется как балансировочный режим; при отнесении к вектору целей хотя бы одного из произвольно меняющихся параметров, режим интерпретируется как манёвр.

Точно также один и тот же режим можно воспринимать как устойчивый, исходя из одних ограничений на вектор ошибки; и как неустойчивый, исходя из более строгих ограничений на вектор ошибки; в этом предложении хорошо видно проявление возможности тройкого понимания устойчивости: 1) по ограниченности отклонений, 2) по убыванию отклонений после снятия возмущающего воздействия и 3) по предсказуемости.

Простейший пример балансировочного режима — езда на автомобиле по прямой дороге с постоянной скоростью. Все стрелочки на приборной панели, кроме расхода бензина, подрагивают около установившихся положений; но рулём всё же «шевелить» надо, поскольку неровности дороги, боковой ветер, разное давление в шинах, люфты в подвесках и рулевом приводе норовят увести автомобиль в сторону.

Манёвры в свою очередь разделяются на **слабые** и **сильные**. Это разделение не отражает эффективности манёвра. Понятие слабого манёвра связано с балансировочными режимами. Перевод системы из одного балансировочного режима в другой балансировочный режим — это один из видов манёвра. Некоторые замкнутые системы обладают таким свойством, что, если этот перевод осуществлять достаточно медленно, то вектор состояния системы в процессе манёвра не будет сильно отличаться от вектора состояния в исходном и (или) конечном балансировочном режиме за исключением изменяющихся в ходе манёвра контрольных параметров и некоторых свободных параметров, информационно связанных с контрольными.

Если на корабле положить руль на борт на 3 — 4 градуса, то корабль начнёт описывать круг очень большого диаметра и будет происходить изменение угла курса. Если это делается вне видимости берегов и в пасмурную погоду, то большинство пассажиров даже не заметят манёвра изменения курса. Если же на полном ходу быстроходного корабля (узлов 25 — 30) резко положить руль на борт градусов на 20 — 30, то палуба в процессе перекладки руля дёрнется под ногами в сторону обратную направлению перекладки руля; потом начнётся вполне ощутимое вестибулярным аппаратом человека изменение курса, сопровождающееся вполне видимым креном до 10 и более градусов.

Хотя в обоих случаях изменение курса может быть одинаковым, гидродинамические характеристики корабля в первом случае слабого манёвра не будут сильно отличаться от режима прямолинейного движения; во втором случае, когда корабль начнет входить в циркуляцию диаметром не более 4 — 5 длин корпуса, — будет падать скорость хода, появится значительная по величине поперечная составляющая скорости обтекания корпуса и крен, а общая картина обтекания корпуса и гидродинамические характеристики будут качественно отличаться от бывших при прямолинейном движении или слабых манёврах.

Разделение манёвров на сильные и слабые в ряде случаев позволяет существенно упростить моделирование поведения замкнутой системы в процессе слабого маневрирования **без потери качества** результатов моделирования. Поскольку выбор меры качества всегда субъективен, то и разделение манёвров на сильные и слабые определяется субъективизмом в оценке качества моделирования и управления. Но, если такое разделение возможно, то слабому маневру можно подыскать аналогичный ему (в ранее указанном смысле) балансировочный режим.

10. Понятие о теориях подобия

В практической деятельности — в создании новой техники, в организации управления теми или иными процессами — типичны ситуации, в которых по параметрам какой-то одной замкнутой системы надо судить о процессах и параметрах какой-то другой замкнутой системы, которая от первой может отличаться:

- либо своими размерами при *однородности природы обеих систем (т.е. однородности физических носителей процессов в обеих системах и во внешней среде)*,
- либо природой.

И то и другое нуждается в пояснении.

Что касается различий однородных по своей природе систем, то жизнь полна так называемых «масштабных эффектов».

Масштабные эффекты проявляются в том, что при изменении всех или только некоторых размеров однородных по своей природе систем значения параметров, характеризующих процессы в самой системе и во взаимодействии её со средой, изменяются не пропорционально масштабу изменения соответствующих размеров исходной систем.

При этом изменение исходных размеров системы может сопровождаться изменением каких-то параметров, характеризующих поведение новой системы, как в большую, так и в меньшую сторону. В некоторых случаях плавный переход по шкале масштаба к иным размерам системы может сопровождаться ступенчатым увеличением или уменьшением параметров, характеризующих её поведение. В других случаях какие-то параметры, характеризующие поведение системы, оказываются безразличными к изменению масштаба по отношению к исходным размерам. Всё это в природе обусловлено тем, что подавляющее большинство параметров, которыми характеризуется система и её поведение, обусловлены не одним, а множеством факторов (т.е. в математических моделях большинство параметров — функции не одного, а многих аргументов), каждый из которых по-разному влияет на изменение характеристических параметров системы при переходе к иному масштабу.

Наличие масштабных эффектов в жизни при оценке однородных систем и процессов, протекающих в них и с ними связанных внешних процессов, приводит к вопросу о том: *Как пересчитать характеристики одной системы, процессов в ней и с ней связанных внешних процессов к масштабу другой системы, обладающей иными размерами, для того, чтобы можно было судить о достоинствах и недостатках, о соответствии каждой из систем задачам, на неё возлагаемым, о качестве управления (решения) этих задач каждой из сопоставляемых друг с другом систем?*

Нахождение ответа на этот вопрос в каждой прикладной отрасли деятельности, в которой он встаёт, — одна из задач соответствующей теории подобия.

Но это — не единственная задача теории подобия. Например, известно, что одними и теми же математическими моделями с приемлемой для практики точностью могут быть описаны процессы, имеющие разную природу. В терминологии триединства материи-информации-меры это означает, что процессы аналогичны друг другу по своим информационно-алгоритмическим характеристикам опираются на разные по своей природе материальные носители. При этом оказывается, что математика умеет решать далеко не все задачи, которые она может поставить. Тем не менее, свойство информационно-алгоритмической аналогичности процессов, протекающих на разных материальных носителях, в случаях, когда выявлена такого рода аналогичность, позволяет не решать задачи методами математики или путём экспериментирования на моделях, идентичных по своему материальному носителю интересующему нас объекту, а построить модель-аналог на основе иных материальных носителей и решать задачи на её основе.

В 1940-е — 1950-е гг. этот подход в истории развития техники выразился в создании так называемых «аналоговых вычислительных машин», которые однако ничего не вычисляли, а моделировали на основе протекающих в них процессов, какие-то иные процессы.

Так было выявлено, что дифференциальные уравнения, описывающие динамику самолёта в полёте, могут быть идентичны уравнениям, описывающим процессы электронных схемах. В тот период времени не было вычислительных возможностей для того, чтобы решать такие математические задачи с приемлемой для практики точностью, но была возможность построения электронных схем, процессы в которых по своим информационно-алгоритмическим характеристикам были аналогичны параметрам, характеризующим динамику самолёта в полёте. И многие задачи по обеспечению желательной управляемости летательных аппаратов в ходе проектирования новой авиационной техники были решены на основе создания и варьирования параметров динамически подобных летательным аппаратам электронных схем, на которых и проводились эксперименты по моделированию управляемости будущих летательных аппаратов.

Соответственно тому, что показано на этом примере, вторая задача построения теорий подобия — определять, какие процессы, разнокачественные по природе их материальных носителей, могут быть уподоблены друг другу в аспекте информационно-алгоритмической аналогичности.

Т.е. теория подобия — не некий атрибут ДОТУ, обладающий универсальностью своего применения в решении любых практических задач, а один из возможных подразделов всякой прикладной отрасли Науки. Теорий подобия, ориентированных на решение проблем соответствующих отраслей практической деятельности, в научной субкультуре человечества может быть множество — по числу отраслей, в которых востребованы решения задач теории подобия.

Благодаря тому, что в авиации и судостроении развиты соответствующие потребностям этих отраслей теории подобия, в целом успешно решаются задачи выбора и оптимизации аэро- и гидродинамической компоновки летательных аппаратов и кораблей, выявляются и разрешаются проблемы обеспечения их прочности в процессе эксплуатации.

Тем не менее, есть и некоторые общие принципы, которые выражаются в теориях подобия, развитых в составе прикладных отраслей науки, включая *достаточно общую теорию управления в её приложениях*.

Поскольку понятие о времени и его измерение связано с выбором эталонной частоты, то в качестве эталонных частот могут быть взяты и собственные частоты колебаний объектов управления, замкнутых систем, процессов взаимодействия замкнутых систем и окружающей среды. Это приводит к понятию динамических подобных (частично или полностью) объектов, систем и процессов, для которых процессы (балансирующие режимы и манёвры), отнесённые ко времени, основанном на сходственных собственных частотах, в **некотором** смысле идентичны. Сопровождение слова «идентичность» эпитетом «некоторая» обусловлено тем, что подобие может осуществляться на разных физических носителях **информационных** процессов (**управления**), на разных уподоблениях друг другу параметров подобных систем.

Уподобление — обезразмеривание, т.е. *лишение реальных физических и информационных параметров их размерности (метров, килограммов, секунд и т.п.)* отнесением их к каким-либо значениям характеристик замкнутой системы и среды, обладающим той же размерностью (метрами, килограммами, секундами и т.п.). В результате появляются безразмерные единицы измерения сходственных в некотором смысле параметров у сопоставляемых замкнутых систем, одинаково характерные для каждой из них вне зависимости от того, на каких материальных носителях они реализованы. Это свойство общевселенской меры лежит в основе моделирования на одних физических носителях процессов, реально протекающих на других физических носителях (аналоговые вычислительные машины); и в основе информационного (чисто теоретического) моделирования, в котором важна информационная модель, а её физический носитель интереса вообще не представляет (любой алгоритм, предписывающий какую-либо последовательность действий, по своему существу независим от его материального носителя).

Анализ течения подобного **моделирующего** процесса может протекать в более высокочастотном диапазоне, чем течение реального подобного **моделируемого** процесса: это даёт возможность заглянуть в будущие варианты развития моделируемого процесса, что является основой решения задач управления вообще и задачи о предсказуемости, в частности.

Примеры такого рода моделирования, как уже было сказано выше, — все аэродинамические и прочностные эксперименты и расчёты в авиации, судостроении и космонавтике.

Моделирование высокочастотного процесса в низкочастотном диапазоне позволяет отследить причинно-следственные связи, которые обычно ускользают от наблюдателя при взгляде на скоротечный реальный процесс. Примером такого рода является скоростная и *сверхскоростная киносъёмка (более 10^5 кадров в секунду)* и замедленная (по сравнению с реальностью) проекция ленты, что позволяет решать многие технические и биологические (медицинские) проблемы.

Многие проблемы в жизни общества неразрешимы вследствие неразвитости в тех отраслях науки, которые претендуют на работу с ними, адекватных теорий подобия. Примером тому — экономическая наука современной цивилизации, которая при колоссальном расходовании природных и трудовых ресурсов не в состоянии обеспечить благоденствие всех, кто согласен честно своей трудовой деятельностью поддерживать жизнь общества и цивилизации в целом.

11. «Информационная безопасность» — устойчивость управления под воздействием целенаправленно создаваемых помех

Термин «информационная безопасность» в последнее десятилетие стал довольно широко употребляться к месту и не к месту. При этом, мало кто из его употребляющих прямо говорит, как и какие процессы в жизни общества и в техносфере, он связывает с этим термином. Т.е. в большинстве случаев его смысл при употреблении не определён.

При взгляде с позиций достаточно общей теории управления:

Информационная безопасность (а точнее — информационно-алгоритмическая безопасность) это — устойчивое течение процесса управления объектом (самоуправления объекта), в пределах допустимых отклонений от идеального предписанного режима, в условиях **ЦЕЛЕНАПРАВЛЕННЫХ** сторонних или внутренних попыток вывести управляемый объект из предписанного режима: от помех до перехвата управления им либо попыток уничтожения.

Таким образом термин «информационно-алгоритмическая» («информационная безопасность») всегда связан с конкретным объектом управления, находящимся в определённых условиях (среде). И соответственно он относится к полной функции управления, представляющей собой совокупность разнокачественных действий, осуществляемых в процессе управления, начиная от выявления факторов, требующих управленческого вмешательства и формирования целей управления, и кончая ликвидацией управленческих структур, выполнивших своё предназначение.

Это общее в явлении, именуемом «информационная безопасность» по отношению к информационно-алгоритмической безопасности как самого мелкого и незначительного дела, так и по отношению к информационно-алгоритмической безопасности *человечества в целом* в глобальном историческом процессе.

Разные схемы управления и разные концепции управления обеспечивают разный уровень информационно-алгоритмической безопасности.

При этом программная схема управления обладает парадоксальными характеристиками обеспечения информационно-алгоритмической безопасности вследствие своей полной неспособности воспринимать информацию извне:

- так артиллерийский снаряд, летящий по баллистической траектории, запрограммированной параметрами наведения орудия и энергообеспеченностью выстрела, по помехозащитности процесса попадания в цель превосходит любую самонаводящуюся ракету.

- в других ситуациях программная схема управления, реализованная в отношении каких-то иных объектов (процессов), оказывается полностью неработоспособной, если в конфликте управлений противник навязывает ситуацию, в которой программа, заложенная в систему, становится неадекватной. Пример тому — разгром войском под руководством Александра Невского немецких рыцарей на льду Чудского озера.

Программно-адаптивная схема менее парадоксальна, но абсолютной помехоустойчивостью тоже не обладает: примерами тому всевозможные успешные хитрости военных на тему о том, как самонаводящиеся средства поражения (ракеты, торпеды, мины) увести на ложные цели, заставить сработать их взрыватели ложно, либо вообще заставить не сработать в тех ситуациях, когда их программы обязывают их срабатывать.

Наиболее высокий уровень информационно-алгоритмической безопасности обеспечивает организация процессов обработки информации в интеллектуальной модификации схемы управления предиктор-корректор, показанная в разделе 4 объединённого текста лекций 6 и 7 как схема 3.



Схема 3. Алгоритм управления с защитой от целенаправленных помех извне

В ней информация, поступающая из внешней среды, достоверность которой сомнительна, алгоритмом-сторожем загружается в «буферную память» временного хранения (на схеме она обозначена надписью «Карантин»). Некий алгоритм-ревизор в «Преобразователе информации», выполняя в данном варианте роль защитника мировоззрения и миропонимания от внедрения в них недостоверной информации, анализирует информацию в бу-

ферной памяти «Карантина» и присваивает ей значения: «ложь» — «истина» — «требует дополнительной проверки» и т.п. Только после этого определения и снабжения информационного модуля соответствующим маркером («ложь» — «истина» и т.п.) алгоритм-ревизор перегружает информацию из «Карантина» в долговременную память, информационная база которой обладает более высокой значимостью для алгоритма выработки управленческого решения, чем входные потоки информации. Также «Преобразователь информации» осуществляет совершенствование алгоритма-сторожа, распределяющего входной поток информации между «Карантином» и остальной памятью.

Управленческое решение строится в процессе сопоставления информации, уже наличествующей в долговременной памяти, с информацией входных потоков. При этом информация, помещённая в «Карантин», не может стать основой выработки управленческих решений, по крайней мере, — особо значимых решений, неосуществимость которых не приемлема.

12. Метод динамического программирования: как таковой, его символизм и вхождение в практику управления

Метод динамического программирования — один из формально-алгоритмических методов оптимизации управления и решения иного рода задач, интерпретируемых в качестве задач управления. В изложении существа метода динамического программирования мы опираемся на книгу «Курс теории автоматического управления» (автор Палю де Ла Барьер: французское издание 1966 г., русское издание — «Машиностроение», 1973 г.), хотя и не повторяем его изло-

жения. Отдельные положения взяты из курса «Исследование операций» Ю.П. Зайченко (Киев, «Вища школа», 1979 г.).

Метод динамического программирования работоспособен, если формальная интерпретация реальной задачи позволяет выполнить следующие условия:

1. Рассматриваемая задача может быть представлена как N -шаговый процесс, описываемый соотношением:

$X_{n+1} = f(X_n, U_n, n)$, где n — номер одного из множества возможных состояний системы, в которое она переходит по завершении n -ного шага; X_n — вектор состояния системы, принадлежащий упомянутому n -ному множеству; U_n — управление, выработанное на шаге n (шаговое управление), переводящее систему из возможного её состояния в n -ном множестве в одно из состояний $(n + 1)$ -го множества. Чтобы это представить наглядно, следует обратиться к рис. 1, о котором речь пойдёт далее.

2. Структура задачи не должна изменяться при изменении расчётного количества шагов N .

3. Размерность пространства параметров, которыми описывается состояние системы, не должна изменяться в зависимости от количества шагов N .

4. Выбор управления на любом из шагов не должен отрицать выбора управления на предыдущих шагах. Иными словами, оптимальный выбор управления в любом из возможных состояний должен определяться параметрами рассматриваемого состояния, а не параметрами процесса, в ходе которого система пришла в рассматриваемое состояние.

Чисто формально, если одному состоянию соответствуют разные предыстории его возникновения, влияющие на последующий выбор оптимального управления, то метод позволяет включить описания предысторий в вектор состояния, что ведёт к увеличению размерности вектора состояния системы. После этой операции то, что до неё описывалось как одно состояние, становится множеством состояний, отличающихся одно от других компонентами вектора состояния, описывающими предысторию процесса.

5. Критерий оптимального выбора последовательности шаговых управлений U_n и соответствующей траектории в пространстве формальных параметров имеет вид:

$$V = V_0(X_0, U_0) + V_1(X_1, U_1) + \dots + V_{N-1}(X_{N-1}, U_{N-1}) + V_N(X_N).$$

Критерий V принято называть *полным выигрышем*, а входящие в него слагаемые — *шаговыми выигрышами*. В задаче требуется найти *последовательность шаговых управлений* U_n и траекторию, которым соответствует максимальный из возможных *полных выигрышей*. По своему существу полный выигрыш V — мера качества управления *процессом в целом*. Шаговые выигрыши, хотя и входят в меру качества управления процессом в целом, но *в общем случае* не являются мерами качества управления на соответствующих им шагах, поскольку метод предназначен для оптимизации процесса управления в целом, а *эффективные шаговые управления* с большим шаговым выигрышем, но лежащие вне *оптимальной траектории*, интереса не представляют. Структура метода не запрещает при необходимости на каждом шаге употреблять критерий определения шагового выигрыша V_n , отличный от критериев, принятых на других шагах. Кроме того, критерий оптимальности может быть построен и как произведение шаговых выигрышей, которые однако в этом случае не должны принимать отрицательных значений.

С индексом n — указателем-определителем множеств возможных векторов состояния — в реальных задачах может быть связан некий изменяющийся параметр, например: *время, пройденный путь, уровень мощности, мера расходования некоего ресурса* и т.п. То есть метод применим не только для оптимизации управления процессами, длящимися во времени, но и к задачам оптимизации многовариантного одномоментного или нечувствительного ко *времени* решения, если такого рода «безвременные», «непроцессные» задачи допускают их многошаговую интерпретацию.

Теперь обратимся к рис. 1 — рис. 3, повторяющим взаимно связанные рис. 40, 41, 42 из курса теории автоматического управления П. де Ла Барьера, хотя в нём они иначе озаглавлены.

На рис. 1 (приведён ниже по тексту) показаны начальное состояние системы — «0» и множества её возможных последующих состояний — «1», «2», «3», а также возможные переходы из каждого возможного состояния в другие возможные состояния. Всё это вместе похоже на карту настольной детской игры, по которой перемещаются фишки: каждому переходу-шагу соответствует свой шаговый выигрыш, а в завершающем процесс третьем множестве — каждому из состояний системы придана его оценка, помещенная в прямоугольнике. Принципиальное отличие от игры в том, что гадание о выборе пути, употребляемое в детской игре, на основе бросания костей либо вращения волчка и т.п., в реальном управлении недопустимо, поскольку это — передача целесообразного управления тем силам, которые способны управлять выпадением костей, вращением волчка и т.п., т.е. тем, для кого избранный в игре «генератор случайностей» — достаточно эффективно (по отношению к их целям) управляемое устройство.

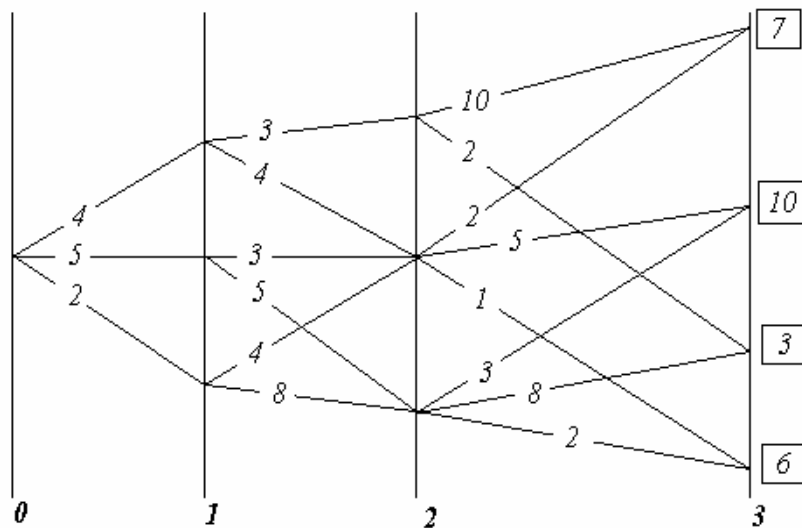


Рис. 1. К существованию метода динамического программирования.
Матрица возможностей.

на как бы уже сложившиеся к началу рассматриваемого шага условия, в то время как возможные завершения процесса также определены.

Если выбирать оптимальное управление на первом шаге, то необходимо предвидеть все его последствия на последующих шагах. Поэтому описание алгоритма метода динамического программирования часто начинают с описания выбора управления на последнем шаге, ведущем в одно из завершающих процесс состояний. При этом ссылаются на «педагогическую практику», которая свидетельствует, что аргументация при описании алгоритма от завершающего состояния к начальному состоянию легче воспринимается, поскольку опирается

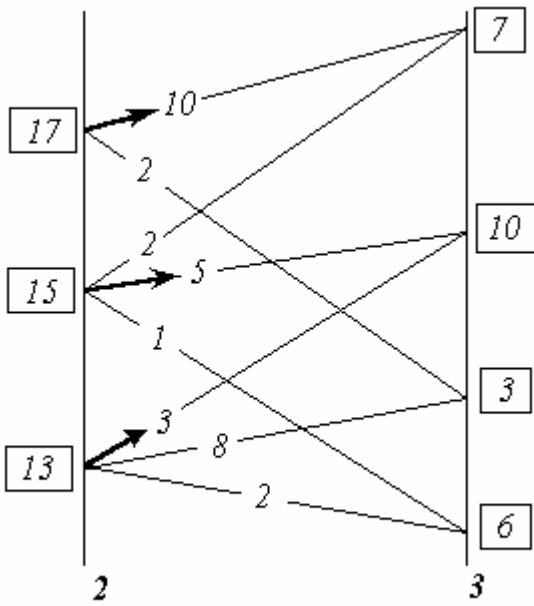


Рис. 2. К СУЩЕСТВУ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ. АНАЛИЗ ПЕРЕХОДОВ.

В соответствии с этим на рис. 2 анализируются возможные переходы в завершающее множество состояний «3» из каждого возможного состояния в ему предшествующем множестве состояний «2», будто бы весь предшествующий путь уже пройден и осталось последним выбором оптимального шагового управления завершить весь процесс. При этом для каждого из состояний во множестве «2» определяются *все* полные выигрыши как сумма = «оценка перехода» + «оценка завершающего состояния». Во множестве «2» из полученных для каждого из состояний, в нём возможных полных выигрышей, определяется и запоминается максимальный полный выигрыш и соответствующий ему переход (фрагмент траектории). Максимальный полный выигрыш для каждого из состояний во множестве «2» взят в прямоугольную рамку, а соответствующий ему переход отмечен стрелкой. Таких оптимальных переходов из одного состояния в другие, кото-

рым соответствует одно и то же значение полного выигрыша, в принципе может оказаться и несколько. В этом случае все они в методе неразличимы и эквивалентны один другому в смысле построенного критерия оптимальности выбора траектории в пространстве параметров, которыми описывается система.

После этого множество «2», предшествовавшее завершающему процесс множеству «3», можно рассматривать в качестве завершающего, поскольку известны оценки каждого из его возможных состояний (максимальные полные выигрыши) и дальнейшая оптимизация последовательности шаговых управлений и выбор оптимальной траектории могут быть проведены только на ещё не рассмотренных множествах, предшествующих множеству «2» в оптимизируемом процессе (т.е. на множествах «0» и «1»).

Таким образом, процедура, иллюстрируемая рис. 2, работоспособна на каждом алгоритмическом шаге метода при переходах из n -го в $(n - 1)$ -е множество, начиная с завершающего N -ного множества до начального состояния системы.

В результате последовательного попарного перебора множеств, при прохождении всего их набора, определяется оптимальная последовательность преемственных шаговых управлений, максимально возможный полный выигрыш и соответствующая им траектория. На рис. 3 утолщённой линией показана оптимальная траектория для рассматривавшегося примера.

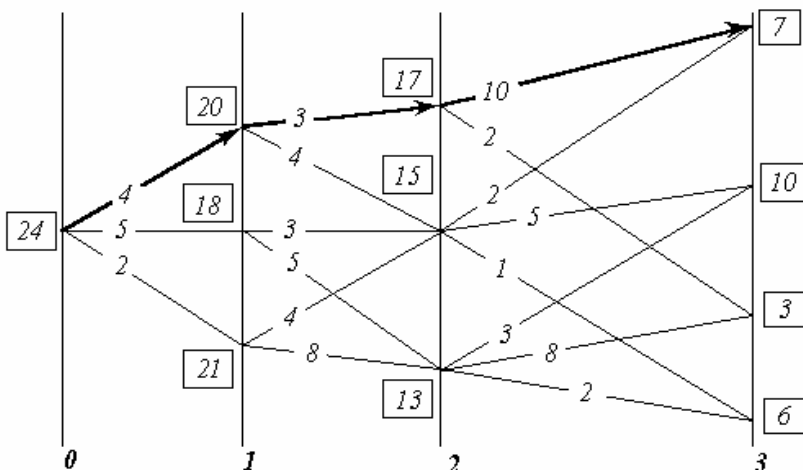


Рис. 3. К СУЩЕСТВУ МЕТОДА ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ. ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ.

В рассмотренном примере критерий оптимальности — сумма шаговых выигрышей. Но как было отмечено ранее, критерий оптимальности может быть построен и как произведение *обязательно неотрицательных* сомножителей.

Поскольку результат (сумма или произведение) не изменяется при изменении порядка операций со слагаемыми или сомножителями, то алгоритм работоспособен и при переборе множеств возможных со-

стояний в порядке, обратном рассмотренному: т.е. от исходного к завершающему множеству возможных состояний.

Если множества возможных состояний упорядочены в хронологической последовательности, то это означает, что расчётная схема может быть построена как из реального настоящего в прогнозируемое *определённое* будущее, так и из прогнозируемого *определённого* будущего в реальное настоящее. Это обстоятельство говорит о двух неформальных соотношениях реальной жизни, лежащих вне алгоритма метода:

1. Метод динамического программирования формально алгоритмически нечувствителен к характеру причинно-следственных обусловленностей (в частности, он не различает причин и следствий). По этой причине каждая конкретная интерпретация метода в прикладных задачах должна строиться на неформальном учёте реальных обусловленностей следствий причинами.
2. Если прогностика в согласии с иерархически наивысшим всеобъемлющим управлением, а частное управление, вложенное во всеобъемлющее управление, осуществляется квалифицировано, в силу чего процесс частного управления протекает в ладу с иерархически наивысшим всеобъемлющим управлением, то ***НЕ СУЩЕСТВУЕТ УПРАВЛЕНЧЕСКИ ЗНАЧИМОЙ РАЗНИЦЫ МЕЖДУ РЕАЛЬНЫМ НАСТОЯЩИМ И ИЗБРАННЫМ БУДУЩИМ.***

Процесс целостен, по какой причине ещё не свершившееся, но уже нравственно избранное и объективно не запрещённое Свыше будущее, в свершившемся настоящем защищает тех, кто его творит на всех уровнях: начиная от защиты психики от наваждений до защиты от целенаправленной «физической» агрессии. То есть, если матрица возможных состояний (она же матрица возможных переходов) избрана в ладу с иерархически высшим объемлющим управлением, то она сама — защита и оружие, средство управления, на которое замкнуты все шесть приоритетов средств обобщённого оружия и управления.

Объективное существование *матриц возможных состояний и переходов* проявляется в том, что в слепоте можно «забрести» в некие матрицы перехода и прочувствовать на себе их объективные свойства. Последнее оценивается субъективно, в зависимости от отношения к этим свойствам, как полоса редкостного везения либо как нудное «возвращение на круги своя» или полоса жестокого невезения.

Но для пользования методом динамического программирования и сопутствующими его освоению неформализованными в алгоритме *жизненными проявлениями матриц перехода*, необходимо СОБЛЮДЕНИЕ ГЛАВНОГО из условий:

В задачах оптимизации процессов управления метод динамического программирования <реального будущего: — по умолчанию> работоспособен только, если определён вектор целей управления, т.е. должно быть избрано завершающее процесс определённое состояние.

В реальности это завершающее определённое состояние должно быть заведомо устойчивым и приемлемым процессом, объемлющим и несущим оптимизируемый методом частный процесс. Но выбор и определение определённых характеристик процесса, в который должна войти управляемая система по завершении алгоритма метода, лежит вне этого метода — в области «мистики» или в области методов, развитых в нематематических по своему существу науках и ремёслах.

«Каково бы ни было состояние системы перед очередным шагом, надо выбирать управление на этом шаге так, чтобы выигрыш на данном шаге плюс оптимальный выигрыш на всех последующих шагах был максимальным», — Е.С. Вентцель, «Исследование операций. Задачи, принципы, методология». (Москва, «Наука», 1988 г., стр. 109).

Неспособность определить вектор целей управления (достижением которого должен завершиться оптимизируемый в методе процесс) и (или) неспособность выявить исходное со-

стояние объекта управления не позволяет последовать этой рекомендации, что *объективно закрывает* возможности к использованию метода динамического программирования, поскольку начало и конец процесса должны быть определены в пространстве параметров, на которых построена математическая (или иная) *модель метода (она должна быть метрологически состоятельной, что является основой её соотношения с реальностью)*. Причём определённость *завершения* оптимизируемого процесса имеет управленчески большее значение, чем ошибки и некоторые неопределённости в идентификации (выявлении) начального состояния объекта управления.

Это тем более справедливо для последовательных многовариантных шаговых переходов, если матрица возможных состояний вписывается в поговорку «*Все дороги ведут в “Рим”*», а которые не ведут в “Рим”, — ведут в небытие. Для такого рода процессов, если избрана *устойчивая во времени* цель и к ней ведут множество траекторий, то при устойчивом пошаговом управлении «расстояние»¹ между оптимальными траекториями, идущими к одной и той же цели из различных исходных состояний, от шага к шагу сокращается, вплоть до полного совпадения оптимальных траекторий, начиная с некоторого шага. Это утверждение тем более справедливо, чем более определённо положение завершающего процесс вектора целей в пространстве параметров. По аналогии с математикой это можно назвать асимптотическим множеством траекторий: асимптотичность множества траекторий выражается в том, что «все дороги ведут в “Рим”...»

И в более общем мировоззренческом случае, рекомендации Нового Завета и Корана утверждают возможность обретения благодати, милости Вседержителя вне зависимости от начального состояния (греховности человека) в тот момент, когда он очнулся и увидел свои дела таковыми, каковы они есть.

Другое замечание относится уже к практике — к вхождению в матрицу перехода. Если начальное состояние системы определено с погрешностью, большей, чем необходима для вхождения в матрицу перехода из реального начального состояния в избранное конечное, то управление на основе самого по себе безошибочного алгоритма метода динамического программирования приведёт к совсем иным результатам, а не расчётному оптимальному состоянию системы. Грубо говоря, не следует принимать за выход из помещения на высоком этаже открытое в нём окно.

То есть метод динамического программирования, необходимостью как определённости в выборе конечного состояния-процесса, так и выявления истинного начального состояния, *сам собой* защищён от применения его для наукообразной имитации оптимизации управления при отсутствии такового.

Однако главная полезность в ДОТУ метода динамического программирования не в его возможностях и особенностях, о которых было сказано выше. **ВАЖНО ОБРАТИТЬ ВНИМАНИЕ И ПОНЯТЬ**: Если в математике видеть науку об объективной общевселенской мере (через “ять”), а в её понятийном, терминологическом аппарате и символике видеть одно из предоставленных людям средств описания объективных частных процессов, выделяемых ими из некоторых объёмлющих процессов, то *всякое описание метода динамического программирования есть краткое изложение всей ранее изложенной достаточно общей теории управления, включая и её мистико-религиозные аспекты; но — на языке математики и формальной логики*.

Чтобы пояснить это, обратимся к рис. 4 (помещён ниже по тексту), памятуя о сделанном ранее замечании об определённости начального состояния с достаточной для вхождения в матрицы перехода точностью.

На нём показаны два объекта управления «А» и «Б» в начальном состоянии; три объективно возможных завершающих состояния (множество «5»); множества («1» — «4») промежуточных возможных состояний; и пути объективно возможных переходов из каждого состояния в иные.

¹ В пространстве формальных параметров, описывающих процесс.

Рис. 4 можно уподобить некоторому фрагменту общевселенской меры развития (многовариантного предопределения бытия) — одной из составляющих в триединстве материя-информация-мера.

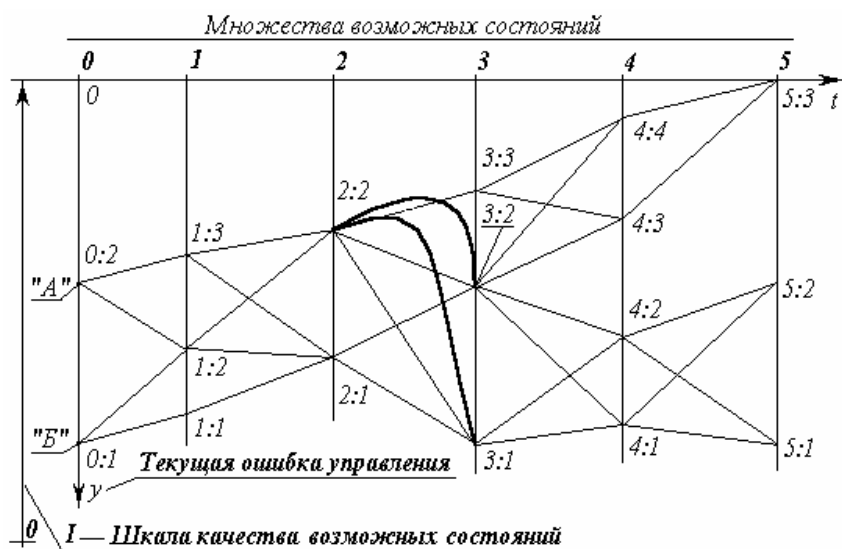


Рис. 4. Динамическое программирование, его символизм и вхождение в управление

виден хотя бы один из множества возможных путей перевода объекта из начального состояния во множество завершающих. Если Различение не дано, утрачено или отвергнуто в погоне за вожделениями, или бездумной верой в какую-либо традицию, но не Богу по совести, то на «кальке» будут отсутствовать какие-то пути и состояния, но могут «появиться» объективно невозможные пути и состояния, объективно не существующие в истинной Богом данной мере — Предопределении бытия. Кроме того, по субъективному произволу управленца выбирается и желанное определённое завершающее состояние из их множества. Соответственно следование отсебятине или ошибка в выборе предпочтительного завершающего состояния может завершиться катастрофой с необратимыми последствиями.

Но матрица возможных состояний, показанная на рис. 4, *вероятно предопределяет* только частный процесс в некой взаимной вложенности процессов. По этой причине каждое из начальных состояний «0:1», «0:2» может принадлежать либо одному и тому же, либо различным объемлющим процессам, в управленческом смысле иерархически высшим по отношению к рассматриваемому; то же касается и каждого из завершающих состояний «5:1», «5:2», «5:3» в паре «исходное — завершающее» состояния. Каждый из объемлющих процессов обладает их собственными характеристиками и направленностью течения событий в нём.

Может оказаться, что цель «5:1» очень привлекательна, если смотреть на неё из множества начальных неудовлетворительных состояний. Но не исключено, что объемлющий процесс, к которому завершающее состояние «5:1» принадлежит, как промежуточное состояние, в силу взаимной вложенности процессов, на одном из последующих шагов завершается полной и необратимой катастрофой. Например, цель «5:1» — не опоздать на «Титаник», выходящий в свой первый рейс, ... ставший трагическим и последним. Чтобы не выбирать такую цель из множества объективно возможных, необходимо быть в ладу с иерархически *наивысшим* всеобъемлющим управлением, которое удержит частное ладное с ним управление от выбора такой цели, принадлежащей к обречённому на исчезновение процессу.

Но если рис. 4 — «калька» с объективной меры, то может статься, что какое-то завершающее состояние, являющееся вектором целей — отсебятина, выражающая желание «сесть на два поезда сразу». Иными словами, разные компоненты вектора целей принадлежат к двум

¹ Калька — полупрозрачная бумага. Самое простое средство копирования штриховых изображений до появления компьютеров и сканеров: калька накладывалась на изображение и фиксировалась на нём. После этого на кальке вручную прорисовывалось копируемое изображение.

или более взаимно исключаящим друг друга иерархически высшим объемлющим процессам протекающим одновременно.

Это один из случаев неопределённости и дефективности вектора целей, делающий метод динамического программирования неработоспособным, а реальный процесс «управления» неустойчивым, поскольку одна и та же «лодка» не может пристать и к правому, и к левому берегу одновременно, даже если привлекательные красоты на обоих берегах реки, при взгляде издали — из-за поворота реки — совмещаются, создавая видимость подходящего для пикника весьма уютного места. Чтобы не выбрать такого вектора целей, также необходимо, чтобы Свыше было дано Различение правого и левого «берегов» потока бытия.

То есть алгоритму динамического программирования, даже если его можно запустить, сопутствует ещё одно внешнее обстоятельство, которое тоже очевидно, «само собой» разумеется, но в большинстве случаев игнорируется: *завершающее частный оптимизируемый процесс состояние должно принадлежать объемлющему процессу, обладающему заведомо приемлемыми собственными характеристиками течения событий в нём.*

После избрания цели, принадлежащей во взаимной вложенности к *объемлющему процессу* с приемлемыми характеристиками устойчивости и направленностью течения событий в нём, необходимо увидеть пути перехода и выбрать оптимальную последовательность преемственных шагов, ведущую в избранное завершающее частный процесс состояние; т.е. необходимо избрать концепцию управления.

Концепция управления в объективной мере, обладает собственными характеристиками, которые совместно с субъективными характеристиками субъекта-управленца, порождают вероятностную предопределённость осуществления им концепции управления. Значение **вероятностной предопределённости** успешного завершения процесса — объективная иерархически высшая мера, оценка замкнутой системы «объект + управленец + концепция», в отличие от *вероятности, как этот термин понимается в теории вероятностей*, — объективной меры системы «объект + объективно существующая концепция управления».

Поэтому, чем ниже вероятность перевода объекта в желательное завершающее состояние, тем выше должна быть квалификация управленца, повышающая значение вероятностной предопределённости успешного завершения процесса управления.

Соответственно сказанному, для администратора признание им некоей концепции управления может выражаться в его уходе с должности по собственной инициативе, проистекающей из осознания им своей неспособности к осуществлению признанной им концепции управления; а неприятие концепции может выражаться, как заявление о её принятии и последующие искренние ревностные, *но не квалифицированные* усилия по её осуществлению. Они приведут к тому, что концепция будет дискредитирована, поскольку квалифицированные управленцы, способные к её осуществлению, не будут допущены до управления по личной ревности, жажде славы, зарплаты или ещё чего-то со стороны благонамеренного самонадеянного неквалифицированного недочеловека.

Вследствие нетождественности *вероятности (математической)* и *вероятностной предопределённости (жизненного явления)* очень хорошая концепция может быть загублена плохими исполнителями её: на двухколесном велосипеде ездить лучше, чем на трехколесном, но не все умеют; но некоторые ещё будут доказывать, что на двухколесном и ездить-то нельзя, поскольку он падает и сам по себе, а не то что с сидящим на нём человеком, тем более на ходу, — если они ранее не видели, как ездят на двухколесном; а третьи, не умея и не желая учиться ездить самим, из ревности не отдадут велосипед тем, кто умеет.

Поэтому после принятия концепции к исполнению необходимо придерживаться концептуальной самодисциплины самому и возвращать концептуальную самодисциплину в окружающем обществе. То есть необходимо поддерживать достаточно высокое качество управления на каждом шаге всеми средствами, чтобы не оказаться к началу следующего шага в положении, из которого в соответствии с избранной концепцией управления перевод объекта в из-

бранное завершающее состояние невозможен. Этот случай — уклонение с избранного пути «2:2» → «3:3» показан: дуга «2:2» → «3:1» — необратимый срыв управления, после которого невозможен переход в состояние «5:3»; дуга «2:2» → «3:2» — обратимый срыв управления, в том смысле что требуется корректирование концепции, исходя из состояния «3:2», рассматриваемого в качестве начального.

Если на рис. 4 объективной иерархически высшей мере качества состояний, в которых могут находиться объекты субъектов-управленцев «А» и «Б», соответствует шкала качества возможных состояний «I», то для их блага целесообразен переход из множества состояний «0» в состояние «5:3». Но выбор ими направленности шкалы оценки качества состояний нравственно обусловлен и субъективен: либо как показано на рис. 4 «I», либо в противоположном «I» направлении.

Если на рис. 4 возможные состояния сгруппированы во множества «1», «2», «3», «4», «5» по признаку синхронности, то в координатных осях $0t$, при шкале качества состояний «I» расстояние от оси $0t$ до любой из траекторий — текущая ошибка управления при движении по этой траектории. Площадь между осью $0t$ и траекторией — интеграл по времени от текущей ошибки. Он может быть использован как критерий-минимум оптимальности процесса управления в целом, т.е. в качестве полного выигрыша, являющегося в методе динамического программирования мерой качества, но не *возможных состояний*, не *шагов-переходов* из одного состояния в другое, а всей траектории перехода. Но в общем случае методы шаговые выигрыши могут быть построены и иначе.

Если принят критерий оптимальности типа минимум¹ значения *интеграла по времени от текущей ошибки управления* (на рис. 4 это — площадь между осью $0t$ и траекторией перехода), то для субъекта «А» оптимальная траектория — «0:2» → «1:3» → «2:2» → «3:3» → «4:4» → «5:3»; а для субъекта «Б» оптимальная траектория — «0:1» → «1:2» → «2:2» → «3:3» → «4:4» → «5:3».

Срывы управления «1:2» → «2:1» → «3:1»; «2:2» → «3:1»; «2:2» → «3:2» → «4:1»; «3:2» → «4:2» — полная необратимая катастрофа управления по концепции, объективно возможной, но не осуществлённой по причине низкого качества текущего управления в процессе перевода объекта в избранное конечное состояние «5:3». Все остальные срывы управления обратимы в том смысле, что требуют коррекции концепции и управления по мере их выявления.

То есть метод динамического программирования в схеме управления «предиктор-корректор» работоспособен, а сама схема разворачивается, как его практическая реализация.

Возможны интерпретации метода, когда в вектор контрольных параметров (он является подмножеством вектора состояния) не входят какие-то характеристики объекта, которые тем не менее, включены в критерий выбора оптимальной траектории. Например, если в состоянии «0:2» различные субъекты не различимы по их исходным энергоресурсам, а критерий выбора оптимальной траектории чувствителен к энергозатратам на переходах, то такому критерию может соответствовать в качестве оптимальной траектория «0:2» → «1:2» → «2:1» → «3:2» → «4:3» → «5:3» или какая-то иная, но не траектория «0:2» → «1:3» → «2:2» → «3:3» → «4:4» → «5:3», на которой достигается минимум интеграла от текущей ошибки управления.

Это означает, что управленец, в распоряжении которого достаточный энергопотенциал, может избрать траекторию «0:2» → «1:3» → «2:2» → «3:3» → «4:4» → «5:3»; но если управленец с недостаточным для такого перехода энергопотенциалом не видит траектории «0:2» → «1:2» → «2:1» → «3:2» → «4:3» → «5:3», для прохождения которой его энергопотенциал недостаточен, то состояние «0:2» для него субъективно тупиковое, безвыходное, хотя объективно

¹ Хотя в каноническом виде метода присутствует критерий-максимум, но использование критерия-минимум также возможно, поскольку в практике переход к канонической форме задачи достигается умножением на «минус единицу» соответствующих значений и выражений.

таковым не является. Это говорит о первенстве Различения, даваемого Свыше непосредственно каждому, перед всем прочими способностями, навыками и знаниями.

Кроме того, этот пример показывает, что на одной и той же «кальке» с матрицы возможных состояний, соотносимой с полнотой реальности, можно построить набор критериев оптимальности, каждый из частных критериев в котором употребляется в зависимости от конкретных обстоятельств осуществления управления. И каждой компоненте этого набора соответствует и своя оптимальная траектория. Компоненты этого набора критериев, так же как и компоненты в векторе целей, могут быть упорядочены по предпочтительности вариантов оптимальных траекторий. Но в отличие от вектора целей, когда при идеальном управлении реализуются все без исключения входящие в него цели, несмотря на иерархическую упорядоченность критериев оптимальности, один объект может переходить из состояния в состояние только по единственной траектории из всего множества оптимальных, в смысле каждого из критериев в наборе, траекторий. Критерии оптимальности выбора, входящие в иерархически организованный набор критериев, не обязательно могут быть удовлетворены все одновременно. Для управления необходимо, чтобы процесс отвечал хотя бы одному из множества допустимых критериев.

Может сложиться так, что один субъект реализует концепцию «0:2» → «1:2» → «2:1» → «3:2» → «4:3» → «5:3», а другой «0:2» → «1:3» → «2:2» → «3:3» → «4:4» → «5:3» в отношении одного и того же объекта. Хотя конечные цели совпадают, но тем не менее, если управленцы принадлежат к множеству управленцев одного и того же уровня в иерархии взаимной вложенности процессов, то это — конкуренция, «спортивная» гонка или концептуальная война; если они принадлежат к разным иерархическим уровням в одной и той же системе, то это — антагонизм между её иерархическими уровнями, ведущий как минимум к падению качества управления в смысле, принятом на её иерархически наивысшем уровне, а как максимум — к распаду системы. Арбитр — иерархически высшее по отношению к ним обоим объемлющее управление. Тем более, если завершающие цели различны, то это — концептуальная война, обостряющаяся по ходу процесса.

Из сказанного следует, что алгоритм динамического программирования и рис. 4, иллюстрирующий некоторые аспекты его приложений, является довольно прозрачным намеком на весьма серьёзные жизненные обстоятельства.

В целом же метод динамического программирования в его абстрактной постановке (т.е. не привязанной к какой-либо практической задаче) позволяет сформировать систему образно-логических представлений о процессах управления вообще, и вписывать в эту схему все практические жизненные управленческие потребности как одной личности, так и общества. Это необходимо для осознанного вхождения в управление даже в том случае, если управление реально строится на основе каких-то других моделей.

Собственно по этой причине метод динамического программирования включён в курс ДОТУ и связан в ней с проблематикой, относимой к компетенции *философии как своего рода «камертона» для настройки мировоззрения и миропонимания*, что предопределяет результативность всякой деятельности.

Объединённый текст лекций 8 — 10 в редакции от 03.04.2008 г.